

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

A - PLANOS E PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS

O empreendimento em questão tem como objetivo a realização a produção e escoamento de hidrocarbonetos no Campo de Jubarte, localizado na parte norte da Bacia de Campos, na altura do litoral sul do estado do Espírito Santo. A Bacia de Campos se constitui, atualmente, a área de maior desenvolvimento da indústria petrolífera no Brasil.

Nos últimos anos, devido à política nacional de desenvolvimento da exploração de petróleo em todo país, através do fim da exclusividade detida pela Petrobrás e da conseqüente abertura deste mercado para outras empresas, através dos contratos de concessão da ANP - Agência Nacional de Petróleo, a indústria petrolífera brasileira vem passando por um significativo processo de alavancagem.

Ressalta-se que as atividades de produção de hidrocarbonetos nas bacias sedimentares brasileiras vêm de encontro às premissas do Plano Nacional de Energia, que estabelece o objetivo governamental de aumentar a produção de hidrocarbonetos líquidos visando atender a demanda interna do país, de forma a tornar-se independente das importações deste insumo, isto é, de forma a atingir a auto-suficiência.

Considera-se, portanto, que a produção de hidrocarbonetos a ser realizada no Campo de Jubarte, é plenamente compatível com os programas governamentais de desenvolvimento do setor petrolífero e, inclusive, faz parte do compromisso estabelecido pela Petrobrás com a Agência Nacional de Petróleo (ANP), dentro do processo de prospecção de petróleo e gás naquela área.

Tendo em vista que o empreendimento em questão estará localizado *offshore*, isto é, em região marinha, há que se destacar como programa governamental incidente sobre o mesmo o “REVIZEE”. O programa “REVIZEE - Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva” é meta principal a ser alcançada dentro dos objetivos definidos pelo IV Plano Setorial para os Recursos do Mar (IV PSRM) e está entre as responsabilidades assumidas pelo governo brasileiro quando da ratificação de sua adesão à Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Este programa visa levantar os potenciais sustentáveis de captura dos recursos vivos na ZEE através do estudo da composição, características ambientais, ocorrência e determinação de biomassas.

Outro programa governamental incidente sobre a área de influência indireta do empreendimento refere-se ao Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) instituído pela Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988, e aprovado pela Resolução Nº 1 do Ministério da Marinha, em 21 de novembro de 1990, após apreciação na 25ª Reunião Ordinária do CONAMA. A região costeira apresenta-se como um dos esforços do governo brasileiro, no sentido de definir para essas áreas o planejamento e implementação de um gerenciamento costeiro (GERCO), que seja capaz de fornecer mecanismos para orientar as ações nesta área, visando seu desenvolvimento sustentado.

O Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro vem sendo supervisionado pelo Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA, e visa o uso racional dos recursos marítimos, a partir do planejamento e gerenciamento integrado, descentralizado e participativo, das atividades socioeconômicas na Zona Costeira. Sua implementação vem ocorrendo em consonância com o Poder Público dos Estados envolvidos e, na atualidade, dedica-se à definição do Zoneamento Costeiro, de diretrizes, normas de uso e ocupação e elaboração de Planos de Gestão.

Partindo-se para o contexto dos estados e municípios inseridos na área de influência indireta do empreendimento, merecem destaques alguns programas governamentais a nível federal, estadual e municipal, voltados para as áreas de turismo, meio ambiente e desenvolvimento econômico.

Salienta-se que os planos, programas e projetos de relevância para os municípios da área de influência do Campo de Jubarte estão sendo realizados (ou em vias de realização) com recursos próprios (muitas vezes apoiados por entidades civis, setor empresarial e outras instituições locais) ou com recursos federais. Os programas realizados com recursos federais estão voltados, na sua grande maioria, para projetos de redução das desigualdades sociais/inclusão social, tendo especial ênfase nas áreas de saneamento, saúde, educação e geração de emprego e renda. Destaca-se aqui o PSF – Programa de Saúde da Família, o PAI – Programa de Assistência ao Idoso, o PAIF – Programa de Atendimento à Família, o Bolsa Escola, o Bolsa Alimentação, o Programa de Suplementação Alimentar, o PETI – Programa de Erradicação do Trabalho Infantil, o PROGER – Programa de Geração de emprego e Renda, dentre outros. Estes, além de outros programas federais, têm sido executados por todos os municípios analisados.

Os programas, planos e projetos de cunho municipal, propostos e projetados pelos municípios, têm, na maioria dos casos, priorizado a montagem e melhorias da infra-estrutura existente, a inclusão social e, sobretudo, a dinamização da economia local. Neste último aspecto tem sido dada especial atenção às vocações locais e regionais, como o turismo e a atividade de exploração petrolífera (esta com forte vinculação aos projetos de infra-estrutura dos municípios) e, em alguns casos, a pesca.

Em vários municípios da área de influência já houve a criação do Conselho Municipal de Turismo de forma que todos participam do Programa Nacional de Municipalização do Turismo, da EMBRATUR, embora as condições operacionais já existentes sejam distintas em cada um dos municípios.

Para os municípios pertencentes ao estado do Rio de Janeiro, destaca-se o interesse surgido na última década em relação a indústria do turismo.

Em Carapebus, em função da incipiente estrutura hoteleira, não existe ainda o turismo propriamente dito. No entanto, estão sendo feitos esforços para criação de eventos com o objetivo de divulgar o município, que já detém o Selo de Município Prioritário para o Desenvolvimento do Turismo, da EMBRATUR. Nas demais áreas destacam-se o Programa de Desenvolvimento da Piscicultura Rural, visando criar alternativas de geração de renda no meio rural, além de outros projetos de melhorias da infra-estrutura do município (estradas, equipamentos comunitários, saneamento, etc).

A atividade turística no município de Macaé se caracteriza, principalmente, pelo turismo de negócios, decorrente das atividades petrolíferas na bacia. Em 1997, foi criada a Empresa Municipal de Turismo – MACAÉTUR, com o objetivo de fomentar a atividade turística na região. Esta empresa vem trabalhando no sentido de diversificar a atividade turística e ampliar a capacidade de carga do município no que se refere à infra-estrutura básica para recepção de visitantes. Ainda visando ao mercado criado pelo turismo de negócios em Macaé, foi recentemente inaugurado o Centro de Convenções, um dos maiores do estado, que faz parte de um projeto de maior abrangência, que objetiva a montagem de infra-estrutura de apoio às atividades dinâmicas do município (turismo, indústria). Dentro deste projeto salientam-se a construção do Centro Administrativo de Macaé, da Incubadora de Empresas, do Mercado de Peixe, do Parque da Cidade, além de vários projetos para urbanização da orla, melhorias e extensão da malha rodoviária, e projetos sociais e culturais. Vale destacar também a Feira Macaé *Offshore*, que tem sido realizada

no município, a cada dois anos, intensificando os negócios em torno da atividade petrolífera e corroborando Macaé como referência neste setor.

Em Macaé também se verificam esforços por parte do município com vistas à capacitação de mão-de-obra para os diversos níveis do setor. Atualmente, o CEFET Campos - Unidade Macaé, oferece o Curso Técnico de Turismo. Já foram realizados cursos de qualificação básica para atender a demanda emergencial dos distritos serranos: o Guia de Atrativos Mirim no distrito de Sana, através da MACAÉTUR e parceiros, e o Curso de Condutores de Ecoturistas, em Glicério, pelo CEFET e parceiros. Também foi proposto ao Programa de Emprego e Renda (PRODER) a criação de um Centro de Turismo Ecológico, com o objetivo de tornar a região serrana auto-sustentável.

Em Quissamã, o turismo de pequenos negócios e de lazer justificou o Selo de Potencialmente Turístico da EMBRATUR. A prefeitura tem investido neste setor, buscando parcerias oficiais para desenvolvê-lo. Nas demais áreas os projetos realizados pelo município estão dentro do escopo de projetos federais como o PSF, o PETI, o PAI, o PAIF, dentre outros.

O processo de criação do Parque Nacional de Jurubatiba (PARNA de Jurubatiba) motivou o estabelecimento de um Termo de Cooperação entre os municípios de Macaé, Carapebus e Quissamã, o IBAMA e o SEBRAE cujo objetivo era viabilizar o desenvolvimento do turismo de forma integrada na região do Parque. Cobrindo 14,8 ha ao longo do litoral destes três municípios, o Parque de Jurubatiba é, provavelmente, a principal área ambiental da região, apresentando uma das maiores diversidades de ecossistemas costeiros do litoral representados, entre outros, por diferentes tipos de mata de restinga, mata atlântica em diversos estágios, manguezais e vários tipos de lagoas costeiras e brejos.

Além deste Parque Nacional, a região dispõe de outras unidades de conservação já implantadas ou projetadas. Há um Parque Municipal no Arquipélago de Santana e um Parque Ecológico Municipal na Fazenda Atalaia. Em Macaé foi recentemente criado o Parque das Cachoeiras do Sana, além de estarem sendo propostas a criação de novas unidades de conservação.

Ainda com relação às questões vinculadas ao turismo, os municípios de Arraial do Cabo, Rio das Ostras e sobretudo Cabo Frio e Armação dos Búzios, todos pertencentes a Área de Influência, apresentam uma importante estrutura para o desenvolvimento do turismo, podendo ser considerada uma das melhores implantadas no estado do Rio de Janeiro.

Investimentos em infra-estrutura também têm sido priorizados nestes municípios, fortalecendo a atividade turística. Em Cabo Frio o projeto de expansão do Aeroporto, possibilitando o aumento no volume de cargas e na movimentação de passageiros, e a criação do Parque Temático Náutico são os projetos de maior importância no momento. Em Rio das Ostras tem sido dada especial ênfase aos projetos de urbanização da orla marítima, de recuperação dos sítios arqueológicos existentes e de montagem da Zona Especial de Negócios, um pólo de negócios voltado para o setor industrial e de serviços, localizado nas proximidades o Parque de Tubos da Petrobrás de Macaé. O Plano de Desenvolvimento Sustentável de Búzios, instrumento base da atual gestão municipal, apresenta como linha mestra a gestão integrada da orla marítima visando disciplinar seu uso. Em Arraial do Cabo os projetos de infra-estrutura tem sido a prioridade da atual gestão.

Os principais projetos em execução pelas prefeituras de São João da barra e de São Francisco de Itabapoama, tem priorizado a infra-estrutura. Em São Francisco de Itabapoana também existe um projeto de construção de um terminal pesqueiro em Gargaú para facilitar o escoamento da produção pesqueira no município. Em São João da Barra o Programa de Desenvolvimento do Turismo é de

grande relevância para o município, e visa criar melhores condições para atendimento às demandas turísticas no município.

Ressalta-se, também, que a região conta com uma abundância de recursos hídricos, os quais vêm sendo bastante agredidos pelos despejos domésticos e industriais. Em relação a este fato, as prefeituras dos municípios envolvidos e a Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro estão desenvolvendo projetos para a criação e implantação de um consórcio intermunicipal de gerenciamento das bacias hidrográficas dos rios Macaé e Macabú, Lagoa Feia e Região Costeira. O consórcio representa um instrumento jurídico e de decisão para a solução dos problemas relativos à proteção e recuperação dos recursos hídricos da região.

O Consórcio Intermunicipal Lagos São João, composto por representantes da comunidade, de ong's (50 ao todo), do poder público dos municípios onde atua (12 municípios), e de demais entidade civis, além de empresas, possui uma série de programas visando preservar e recuperar os recursos naturais da Região dos Lagos e da Bacia do São João. Fazem parte do CILSJ os municípios de Rio das Ostras, Armação de Búzios, Cabo Frio, Araruama, Saquarema, Casimiro de Abreu, Arraial do Cabo, além de outros que estão fora da AI de Jubarte.

Outro programa ambiental em desenvolvimento, e de grande importância para a região, é o do NUPEM - Núcleo de Pesquisas Ecológicas de Macaé. Desde 1992 o projeto "Estudos Ecológicos das Lagoas Costeiras do Norte Fluminense, Macaé-RJ - ECOLAGOAS" vem estudando os ecossistemas costeiros desta região. Em decorrência deste projeto foi criado o NUPEM, fruto de um convênio estabelecido entre a UFRJ, através do Laboratório de Limnologia, a Petrobrás e a Prefeitura de Macaé. O NUPEM dispõe de laboratório bem equipado, sala de aula, biblioteca, refeitório e alojamentos para pesquisadores e estudantes. Através de convênios cooperativos, ele vem recebendo pesquisadores de várias universidades do Brasil e de outros países, gerando conhecimentos importantes no campo da Ecologia para as áreas tropicais. As diversas linhas de pesquisa desenvolvidas têm gerado resultados que podem contribuir para o planejamento do uso racional dos recursos.

A partir de 1997 o NUPEM vem repassando os conhecimentos científicos produzidos para as comunidades da área pesquisada e seu entorno, através de cursos de capacitação para professores da rede pública dos Municípios. Com o apoio da Petrobrás, os cursos integram-se ao Programa Pró-Ciências com financiamento CAPES/FAPERJ, capacitando professores na área de Biologia objetivando a melhoria da qualidade da educação usando a Ecologia como conteúdo integrador. Do programa participam alunos dos cursos de mestrado e doutorado do Programa de Pós-graduação em Ecologia da UFRJ e alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da mesma instituição. Os cursos são realizados duas vezes por ano, nos períodos de férias escolares, recebendo professores-cursistas de todos os Municípios das Regiões Norte e Noroeste Fluminense e Região dos Lagos.

Com relação ao desenvolvimento econômico, as prefeituras locais estão mobilizadas no sentido de desenvolver parcerias em várias instâncias governamentais e junto às empresas de grande porte para a promoção do desenvolvimento em seus municípios.

Um exemplo deste esforço é o programa desenvolvido entre a Secretaria Municipal de Agricultura, Abastecimento e Pesca de Macaé, o SEBRAE e a EMATER com vistas a incentivar o associativismo rural e a formação de cooperativas de pequenos agricultores.

Observa-se também, que após a instalação do pólo de fruticultura da região norte/nordeste do Estado do Rio de Janeiro, as Prefeituras, através de suas secretarias de Agricultura passaram a desenvolver programas de mobilização e incentivo aos produtores rurais para o plantio de maracujá, abacaxi, pinha e coco. Projetos de estímulo à fruticultura têm sido desenvolvidos na região, citando-se como exemplo o apoio ao setor através do FUNDECAM, fundo que disponibiliza recursos próprios e parte dos royalties recebidos pelo município de Campos, para apoiar investimentos (criação ou expansão), que apoiou a diversificação da indústria de póla Bela Joana, a mais importante do norte fluminense. É interessante ressaltar também que o Município de Macaé é sede do Centro de Pesquisas da Pesagro-Rio, mantendo um corpo de pesquisadores com experiência na área de fruticultura, e que tem prestado apoio sistemático ao setor,.

O setor pesqueiro, principal penalizado pela indústria petrolífera, ainda é considerado de vital importância dentro do contexto social e econômico da área de influência do empreendimento. Há forte demanda do setor por programas e projetos de desenvolvimento. O ponto de maior fragilidade da pesca ainda é, sem dúvida nenhuma, o próprio pescador e a precariedade das embarcações artesanais. A seguir vêm as necessidades infra-estruturais para desembarque, conservação e distribuição.

Os programas existentes para o setor pesqueiro procuram atender tais demandas, através da Cooperativa. Recentemente foi criada a Escola de Pesca de Macaé, havendo diversos órgãos envolvidos, como as Prefeituras, representadas por algumas Secretarias, e Conselhos Estaduais e Federais. A FUNEMAC - Fundação de Macaé de Educação e Cultura, uma representação da Universidade Federal Fluminense no Município.

Em relação a Indústria e ao Comércio, a presença das atividades petrolíferas, pelo número de empregos diretos e indiretos gerados, pelo aporte populacional induzido e pelos recursos econômicos trazidos, passaram a influenciar os rumos do desenvolvimento. Assim, os programas locais para estes setores da economia concentram-se na qualificação de mão-de-obra e no estabelecimento da infra-estrutura indispensável para acompanhar as demandas. Destacamos, em relação a isto, a construção e operação da Usina Termoelétrica de Cabiúnas, resultante de um consórcio de várias empresas nacionais e multinacionais que muito contribuirá neste sentido. Outro projeto importante é o da instalação do "call center" da empresa de telefonia Vésper que prestará serviços para 16 Estados da Região Norte/Leste do país.

Com relação ao estado do Espírito Santo, destaca-se o Projeto TAMAR, que tem como objetivo a proteção das tartarugas marinhas, também se encontra implantado no estado do Espírito Santo, atuando em todo o litoral do estado, com destaque para a Reserva Biológica de Comboios, localizada fora da área de influência deste empreendimento, encontrando-se a norte da mesma. Esta Reserva, que possui uma área de 836 hectares, é considerado o maior sítio de desova de tartarugas gigantes do país. Ressalta-se que a Petrobrás vem atuando em parceria com o Projeto TAMAR há mais de uma década, sendo inclusive seu patrocinador a nível nacional.

Além dos programas acima mencionados, encontra-se em andamento o Projeto de Extensão e Difusão Tecnológica da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) que desenvolve na região costeira do estado o projeto "Os manguezais dos Litorais Norte e Sul do Estado do Espírito Santo". Também tem sido desenvolvidos projetos com recursos do governo estadual e federal como o Projeto Caranguejo, desenvolvido pela UFES – Universidade Federal do Espírito Santo, de apoio à comunidades que vivem da cata do caranguejo, e a Caracterização Sócio-econômica da Atividade Pesqueira do Espírito Santo, sendo desenvolvido pelo Incaper – Instituto de Pesquisa e Extensão

Rural do Espírito Santo. Este último, inclusive, tem tentado atualizar o estado da arte da atividade e as estatísticas que se encontram com grande defasagem temporal.

O setor pesqueiro do estado do Espírito Santo, embora ainda necessite de programas específicos de forma a garantir um fomento adequado desta atividade, conta com o Programa de Maricultura, desenvolvido através de uma parceria entre a SEAMA, o SEBRAE e as Escolas de Pesca do Estado (Piúma e Conceição da Barra), que visa desenvolver alternativas de emprego e renda para as comunidades que vivem da atividade pesqueira. Na atual gestão estadual o setor de pesca e aqüicultura tem tido maior destaque ganhando, inclusive, um grupo de trabalho envolvendo empresas, centros de pesquisa, órgãos públicos e entidade civis, além de ong's e representantes da comunidade pesqueira estadual, com apoio da Secretaria Estadual de Agricultura.

Ressalta-se, também, que a cidade de Piúma, pertencente a área de influência deste empreendimento, possui uma escola estadual voltada prática da pesca, denominada de Escola de Pesca de Piúma. Esta escola consiste num estabelecimento de ensino de primeiro grau e profissionalizante sendo uma das poucas do país, onde são ministrados cursos voltados para a capacitação na arte da pesca e maricultura além de prestar auxílio aos pescadores. Regionalmente é considerada muito importante, contando com o apoio de toda a população local. Observa-se que a partir de 2003 a Petrobras vem apoiando financeiramente esta instituição.

Assim como no estado de Rio de Janeiro, os municípios do Espírito Santo pertencentes a área de influência deste empreendimento possuem fortes interesses em relação à indústria do turismo, que se acentuaram ao longo da última década. Os municípios do sul do estado apresentam uma estrutura ainda incipiente para recebimento de turistas na época de verão, considerada alta temporada, sobretudo de comparadas as estruturas atualmente existentes nos municípios vizinhos de Guarapari e Anchieta, estes confirmadamente com forte vocação turística. Todavia, não existe a nível municipal ou estadual, para os quatro municípios da área de influência do empreendimento localizados no sul do estado, uma política de apoio ao turismo, a não ser ações descontínuas como o Projeto Verão para a orla marítima estadual que envolveu ações conjuntas em toda a costa do Espírito Santo, especialmente nos balneários de maior movimentação turística.

Quanto às cidades de Vitória e Vila Velha, por apresentarem as melhores infra-estruturas de serviços do estado, juntamente com Guarapari, vem se beneficiando melhor da indústria do turismo, aí incluído o turismo de negócios, atualmente em expansão nestas duas cidades. Neste sentido tem sido construídos vários hotéis e Apart-hotéis nos últimos anos, visando responder à crescente demanda do setor. O município de Vitória possui uma política intensa de apoio à atividade turística, e já se coloca, no contexto nacional, como um dos pólos de turismo na atividade esportiva e de eventos.

Para as cidades de Vitória e Vila Velha, além das outras que compõem a Região Metropolitana, merece ser destacado o programa de despoluição e saneamento da região, cuja primeira parte referente ao PRODESPOL já se encontra concluída, encontrando-se atualmente em curso a segunda etapa, denominada PRODESAN. Estes programas vêm sendo realizados com base em recursos repassados pelo Banco Mundial e tem como objetivo a despoluição dos ecossistemas litorâneos e da Baía de Vitória, a partir do saneamento básico da região.

Por fim, cabe destacar que na região de Vitória e Vila Velha se encontram os principais portos do estado, que no conjunto representam uma excelente estrutura portuária para todo tipo de carga, atendendo operações de exportação ou importação. Para esta região tem-se o FUNDAP (Fundo de Desenvolvimento das Atividades Portuárias), que representa um instrumento de política de atração

de investimentos do Governo Estadual tendo por objetivo o desenvolvimento e incremento das operações portuárias para importação e exportação através dos portos do estado, baseado em incentivos financeiros a partir da liberação de linhas de crédito.

Pelo exposto, conclui-se que os planos e programas governamentais propostos ou em desenvolvimento nesta região não são incompatíveis com o empreendimento em análise.

B - LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL À ATIVIDADE

◆ *CONSIDERAÇÕES GERAIS*

O Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção de Óleo e Gás no Campo de Jubarte, localizado na Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, se encontra em consonância como Termo de Referência N° 005/03 elaborado pelo ELPN/IBAMA, e teve como base o pleno cumprimento da legislação ambiental vigente. Em relação à legislação ambiental estadual, foi contemplada a legislação do Estado do Rio de Janeiro.

A Lei n° 6.938/81 representou um grande impulso na tutela dos direitos metaindividuais. Esta lei, que estabeleceu, pela primeira vez, a Política Nacional de Meio ambiente e tratou de defini-lo, destacando-o como uma interação de ordem química, física e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.

Todavia, somente no ano de 1988 que a Constituição Federal consagrou de forma nova e importante a existência de um bem que não possuía características de bem público e, muito menos, privado, voltado à realidade do século XXI, das sociedades de massa, caracterizada por um crescimento desordenado e brutal avanço tecnológico.

Esta mesma Constituição alterou profundamente o sistema de competência ambiental, podendo a Legislação Ambiental ser exercida nos três níveis: Federal, Estadual e Municipal; respeitando-se sempre os princípios gerais estabelecidos pela União.

Especificamente para a atividade objeto do presente estudo, deverão ser observadas em especial as Resoluções do CONAMA N° 023/94 e 237/97, que estabelecem a competência do IBAMA para licenciar atividades relacionadas à pesquisa, à exploração e a outras concernentes a Petróleo e gás. Foi considerada, ainda, a Convenção Internacional para Prevenção da Poluição Causada por Navios.

A seguir encontram-se listados os principais dispositivos legais aplicáveis direta ou indiretamente ao licenciamento, a implantação e a operação do empreendimento em questão.

- LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL

- **MARPOL:** Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição causada por Navios: 73/78, suas emendas de 1984 e seus anexos opcionais III, IV e V.

Esta Lei estabelece os princípios básicos a serem obedecidos na movimentação de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em portos organizados, instalações portuárias, plataformas e navios em águas sob jurisdição nacional.

- *LEGISLAÇÃO FEDERAL*

- **Constituição Federal de 1988 – Art.225 – Parágrafo 1º, Inc. IV e V:** Este artigo dispõe sobre a exigência de Estudo de Impacto Ambiental da atividade poluidora e controle da poluição das atividades que venham a causar riscos à vida, a qualidade de vida e ao meio ambiente.
- **Decreto-Lei nº 221, de 28 de Fevereiro de 1967:** Dispõe sobre a proteção e estímulos à pesca e dá outras providências. Este decreto-lei visa regulamentar toda a atividade pesqueira dentro do território nacional, resguardando e desenvolvendo tal atividade.
- **Decreto-Lei nº 1.413, de 14 de Agosto de 1975:** Dispõe sobre o controle do meio ambiente provocada por atividades industriais. Este decreto-lei obriga às indústrias a promoverem as medidas necessárias a prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos da poluição e contaminação do meio ambiente.
- **Decreto nº 76.389, de 3 de Outubro de 1975:** Dispõe sobre as medidas de prevenção e controle da poluição industrial de que trata o Decreto - Lei n.º 1.413/75, e dá outras providências. Visa evitar e corrigir os efeitos danosos da poluição industrial.
- **Decreto Nº 79.437/77:** Promulga a Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo, 1969. Foi criado para garantir uma indenização adequada às pessoas que venham a sofrer danos causados por poluição resultantes de fugas ou descarga de óleo proveniente de navios.
- **Decreto nº 83.540, de 4 de Junho de 1979:** Regulamenta a aplicação da Convenção Internacional sobre responsabilidade civil em danos causados por poluição por óleo. Torna proprietários de embarcações, civilmente responsáveis pelos danos causados por poluição por óleo no Território Nacional, incluído o Mar Territorial, além disso, em garantia dessa responsabilidade toda embarcação deverá ter a bordo um Certificado de Garantia Financeira, para que possa trafegar ou permanecer em águas territoriais, portos ou terminais brasileiros.
- **Lei Federal nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981:** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus afins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.
- **Decreto nº 89.336 de 31 de Janeiro de 1984:** Dispõe sobre Reservas Ecológicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico, tornando-as áreas de preservação permanente.
- **Resolução Conama nº 004, de 18 de Setembro de 1985:** Estabelece as reservas ecológicas. As formações florísticas e as áreas de florestas de preservação permanente mencionadas no Artigo 18 da Lei Nº 6.938/81, bem como as que forem estabelecidas pelo Poder Público de acordo com o que preceitua o artigo 1º do Decreto Nº 89.336/84, são consideradas reservas ecológicas.
- **Lei nº 7.347, de 24 de Julho de 1985:** Institui a Ação Civil Pública como parte do processo para se efetivar a responsabilidade por danos ao meio ambiente. Serão regidas pelas disposições desta

Lei, sem prejuízo da ação popular, as ações de responsabilidade por danos morais e patrimoniais causados:

- **Resolução Conama nº 001, de 23 de Janeiro de 1986:** Estabelecem as definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação do Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem o meio ambiente.
- **Resolução Conama nº 006, de 24 de Janeiro de 1986:** Aprova os modelos de publicação de pedidos de licenciamento em quaisquer de suas modalidades, sua renovação e a respectiva concessão e aprova os novos modelos para publicação de licenças, conforme instruções fornecidas. A publicação dos pedidos de licenciamento, em quaisquer de suas modalidades, sua renovação e a respectiva concessão de licença deverá ser encaminhada para publicação, no primeiro caderno do jornal, em corpo 7 (sete) ou superior, no prazo de até 30 (trinta) dias corridos, subsequentes à data do requerimento e/ou da concessão da licença.
- **Resolução Conama nº 020, de 18 de Junho de 1986:** Classifica as águas doces, salobras e salinas. As águas são classificadas, segundo seus usos preponderantes, em nove classes.
- **Portaria SUDEPE nº 11 - N/86:** Proíbe, nas águas sob jurisdição nacional, a perseguição, caça, pesca ou captura de pequenos cetáceos, pinípedes e sirênios.
- **Resolução Conama nº 011, de 3 de Dezembro de 1987:** Declara como unidades de conservação as categorias de sítios ecológicos de relevância cultural, criadas por atos do poder público. As unidades de conservação podem ser instituídas tanto em área de domínio público como privado. Esta resolução enumera as unidades de conservação e especifica se a sua localização se dará em área de domínio público, privado ou, indiferentemente, tanto numa como na outra.
- **Resolução Conama nº 009, de 03 de dezembro de 1987:** Dispõe sobre as audiências públicas. A audiência pública nos processos de Licenciamento Ambiental, apesar de não possuir cunho obrigatório, baseia-se no fundamento constitucional do direito de informação, que decorre do princípio da participação popular. A audiência tem por objetivo expor as informações do RIMA e, através disso, recolher críticas e sugestões com relação à instalação da atividade local permitindo a participação popular no processo. Atualmente não se concebe processo de Licenciamento Ambiental sem a realização de Audiência (s) Pública (s)
- **Lei nº 7.661, de 16 de Maio de 1988:** Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Subordinando-se aos princípios e tendo em vista os objetivos genéricos da PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente, fixados respectivamente nos artigos 2º e 4º da Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, o PNGC – Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro, visará especificamente a orientar a utilização racional dos recursos da Zona Costeira, de forma a contribuir para elevar a qualidade de vida de sua população, e a proteção do seu patrimônio natural, histórico, étnico e cultural.

- **Lei nº 7.804 de 18 de Julho de 1989:** Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
- **Resolução Conama nº 012, de 14 de Dezembro de 1989:** Dispõe sobre proibição de atividades, que especifica, nas Áreas de relevante Interesse Ecológico – AIRE's.
- **Resolução Conama nº 005 de 15 de Junho de 1989:** Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR. A estratégia básica do PRONAR é limitar, a nível nacional, as emissões por tipologia de fontes e poluentes prioritários, reservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle.
- **Decreto nº 99.274 de 06 de Junho de 1990:** Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Reservas ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, e dá outras providências.
- **Resolução Conama nº 003 de 28 de Junho de 1990:** Estabelece padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR, que são: os de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.
- **Resolução Conama nº 006, de 17 de Outubro de 1990:** Dispõe da necessidade de comunicar aos órgãos ambientais a aplicação de dispersantes químicos em vazamentos, derrames e descargas de petróleo e seus derivados. Esta Resolução foi revogada pela Resolução nº 269 de 14 de setembro de 2000, que prevê o seguinte: sobre a produção, importação, comercialização e uso de dispersantes químicos para as ações de combate aos derrames de petróleo e seus derivados no mar somente poderão ser efetivados após a obtenção do registro do produto junto ao IBAMA, e dá outras providências
- **Resolução Conama nº 008 de 06 de Dezembro de 1990:** Estabelece, em nível nacional, limites máximos de emissão de poluentes do ar para processos de combustão externa em fontes novas fixas de poluição.
- **Resolução Conama nº 013 de 06 de Dezembro de 1990:** Dispõe sobre as atividades nas áreas circundantes das Unidades de Conservação, num raio de dez quilômetros, que possam afetar a biota. O órgão responsável por cada Unidade de Conservação, juntamente com os órgãos licenciadores e de meio ambiente, definirão essas atividades.
- **Resolução Conama nº 006 de 19 de Setembro de 1991:** Dispõe sobre a incineração ou qualquer outro tratamento de queima dos resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos. Fica desobrigada a incineração ou qualquer outro tratamento de queima dos resíduos sólidos provenientes dos estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos, ressalvados os casos previstos em lei e acordos internacionais.
- **Lei nº 8.617, de 4 de Janeiro de 1993:** Dispõe sobre mar territorial, a zona contígua, a zona econômica exclusiva e a plataforma continental brasileiras. O mar territorial brasileiro compreende uma faixa de doze milhas marítimas de largura, medidas a partir da linha de baixa-mar do litoral continental e insular brasileiro, tal como indicada nas cartas náuticas de grande

escala, reconhecidas oficialmente no Brasil. Nos locais em que a costa apresente recortes profundos e reentrâncias ou em que exista uma franja de ilhas ao longo da costa na sua proximidade imediata, será adotado o método das linhas de base retas, ligando pontos apropriados, para o traçado da linha de base, a partir da qual será medida a extensão do mar territorial.

- **Resolução Conama n° 005, de 05 de Agosto de 1993:** Define normas para tratamento de resíduos sólidos oriundos dos serviços de saúde, portos e aeroportos, bem como a necessidade de estender tais exigências aos terminais ferroviários e rodoviários.
- **Resolução Conama n.º 009, de 31 de Agosto de 1993:** Dispõe sobre óleo lubrificante: uso, gerenciamento e reciclagem.
- **Decreto n° 1.203, de 28 de Julho de 1994:** Aprova o IV Plano Setorial para os Recursos do Mar (IV PSRM). O I Plano Setorial para os Recursos do Mar (I PSRM), em vigência no período de 1982 a 1985, possibilitou uma melhor estruturação das atividades de pesquisa e prospecção dos recursos do mar, orientando interesses significativos para incorporação desses recursos ao sistema produtivo nacional.
- **Resolução Conama n° 023 de 07 de Dezembro de 1994:** Institui procedimentos específicos para o licenciamento das atividades relacionadas à exploração e lavra de jazidas de combustíveis líquidos e gás natural
- **Decreto n° 1.694/95:** Cria o Sistema Nacional de Informações de Pesca.
- **Resolução Conama n° 023, de 12 de Dezembro de 1996:** Adota definições de resíduos perigosos, resíduos não inertes e outros e dispõe sobre suas importações e uso. Esta Resolução revogou a Resolução N° 037/94 do CONAMA.
- **Portaria DPC N°46/96:** Aprova Diretrizes para a implementação do Código Internacional de Gerenciamento para Operação Segura de Navios e para Prevenção da Poluição (Código Internacional de Gerenciamento de Segurança – Código ISM).
- **Lei n° 9.478, de 06 de Agosto de 1997:** Dispõe sobre a Política Energética Nacional, as atividades relativas ao monopólio de petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo.
- **Resolução Conama n° 237, de 19 de dezembro de 1997:** Revisa os procedimentos e critérios utilizados no processo de licenciamento ambiental.
- **Resolução Conama n° 313, de 29 de Outubro de 2002:** Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. O gerenciamento dos resíduos sólidos não se submete a um regime jurídico único, porquanto varia de acordo com a localidade onde são gerados e com o seu conteúdo.
- **Resolução CIRM n° 5/97:** Aprova o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGCII).
- **Portaria Normativa IBAMA n° 113 de 25 de Setembro de 1997:** Estabelece critérios sobre obrigatoriedade do registro no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais.

- **Lei nº 9.605 de 13 de Fevereiro de 1998:** Define sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Essa Lei tem como objetivo principal apontar a possibilidade de aplicação de sanções penais para as pessoas físicas, prática tradicional do Direito Penal (art. 2º), ela projetou importante hipótese no sentido de responsabilizar penalmente as pessoas jurídicas (art. 3º), tanto as de direito público como as de direito privado.
- **Decreto 2.508 de 04 de Março de 1998:** Promulga a Convenção Internacional para a prevenção da poluição causada por navios, concluída em Londres, em 02 de novembro de 1973, seu protocolo, concluído em Londres, em 17 de fevereiro de 1978, suas emendas de 1984 e seus anexos opcionais III, IV e V.
- **Decreto nº 2.870, de 12 de Dezembro de 1998:** Promulga a Convenção Internacional sobre preparo, resposta e cooperação em caso de poluição por óleo, assinada em Londres, em 30 de novembro de 1990.
- **Lei nº 9.795/99:** Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental, e dá outras providências. A Educação Ambiental decorre do princípio da participação na tutela do meio ambiente, e, como acima mencionado, restou expressamente prevista na Constituição Federal, no seu art. 225, parágrafo 1º, VI. Buscou-se trazer consciência ecológica ao povo, titular do direito ao meio ambiente, permitindo a efetivação do princípio da participação na salvaguarda desse direito.
- **Decreto nº 2.956 de 03 de Fevereiro de 1999:** Aprova o V Plano Setorial para os Recursos do Mar.
- **Decreto nº 3.179 de 21 de Setembro de 1999:** Dispõe sobre a especificação de sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
- **Norma nº 01/99 Marinha do Brasil – DPC:** Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação do Mar Aberto.
- **Portaria ANP nº 125/99:** Regulamenta a atividade de recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.
- **Portaria ANP nº 014/00:** Estabelece os procedimentos para comunicação de acidentes de natureza operacional e liberação acidental de poluentes.
- **Lei nº 9.966, de 28 de Abril de 2000:** Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências. Esta Lei estabelece os princípios básicos a serem obedecidos na movimentação de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em portos organizados, instalações portuárias, plataformas e navios em águas sob jurisdição nacional.
- **Lei nº 9.985/00:** Regulamenta o artigo 225 §1º incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, e dá outras providências. Esta Lei institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.

- **Resolução 08/2000 da Diretoria de Portos da Marinha:** Estabelece que as atividades de pesca deverão manter uma distância mínima de 500 metros das plataformas, com intuito de evitar acidentes.
- **Portaria ANP 25/2002 de 06 de Março de 2002:** Aprova o Regulamento de Abandono de Poços perfurados com vistas a exploração ou produção de petróleo e/ou gás.

- *LEGISLAÇÃO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO*

- **Constituição do Estado do Espírito Santo/89:** Seção IV - Do Meio Ambiente, onde está estabelecido em seu Art. 186 que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente saudável e equilibrado, impondo-se-lhes e, em especial, ao Estado e aos Municípios, o dever de zelar por sua preservação, conservação e recuperação em benefício das gerações atuais e futuras. (...)”
- **Lei nº 3.582 de 03 de Novembro de 1983:** Dispõe sobre as Medidas de Proteção, Conservação e Melhoria do Meio Ambiente no Estado do Espírito Santo.
- **Lei nº 4.126 de 22 de Julho de 1988:** Dispõe sobre a implantação da Política Estadual de Proteção, Conservação e Melhoria do meio ambiente.
- **Lei nº 4.428 de 28 de Julho de 1990:** Dispõe sobre o referendo popular para decidir sobre a instalação e operação de obras ou atividades potencialmente causadoras de significativo impacto ambiental, previsto no Artigo 187, § 5º, da Constituição Estadual.
- **Lei nº 4.701 de 01 de Dezembro de 1992:** Dispõe sobre a obrigatoriedade de todas as pessoas, físicas e jurídicas, garantirem a qualidade do meio ambiente, da vida e da diversidade biológica no desenvolvimento de sua atividade, assim como corrigir ou fazer corrigir às suas expensas os efeitos da atividade degradadora ou poluidora por ela desenvolvida.
- **Decreto nº 3.562-n de 08 de Julho de 1993:** Institui o “Programa de Despoluição dos Ecossistemas Litorâneos do Estado do Espírito Santo” e dispõe sobre as respectivas competências para sua implementação.
- **Lei nº 5.377 de 20 de Janeiro de 1997:** Regulamenta artigo da Constituição Estadual, que dispõe sobre a apreciação de licenciamentos que envolvam análise de relatórios de impacto ambiental pela Comissão Permanente que especifica a Assembléia Legislativa.
- **Lei nº 5.818 de 29 de Dezembro de 1998:** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Integrado de Gerenciamento e Monitoramento dos Recursos Hídricos, do Estado do Espírito Santo – SICERNE/ES.
- **Lei nº 5.816 de 22 de Dezembro de 1998:** Institui o Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro do Espírito Santo.
- **Decreto nº 4.376-n de 10 de Dezembro de 1998:** Institui o Plano de Prevenção de Acidentes Ambientais com produtos perigosos.

- **Decreto nº 4.344-n de 07 de Outubro de 1998:** Regulamentam o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras ou Degradoras do Meio Ambiente, denominado SLAP, com aplicação obrigatória no Estado do Espírito Santo.

- LEGISLAÇÃO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Constituição do Estado do Rio de Janeiro - 1989 – Capítulo VIII exclusivo do Meio Ambiente.

- **Decreto-Lei nº 134 de 16 de Março de 1975:** Dispõe sobre a prevenção e o controle da Poluição do Meio Ambiente no Estado do Rio de Janeiro. Para efeito deste Decreto, considera-se poluição qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente
- **Lei nº 1.361 de 06 de Outubro de 1988:** Regula a estocagem, o processamento e a disposição final de resíduos industriais tóxicos.
- **Lei nº 1.898 de 26 de Novembro de 1991:** Dispõe sobre a realização de Auditorias Ambientais. Para os efeitos desta Lei, denomina-se auditoria ambiental a realização de avaliações e estudos destinados a determinar os níveis efetivos ou potenciais de poluição ou de degradação provocados por atividades de pessoas físicas ou jurídicas, as condições de operação e de manutenção dos equipamentos e sistemas de controle de população, as medidas a serem tomadas para restaurar o meio ambiente e proteger a saúde humana, a capacitação dos responsáveis pela operação e manutenção do sistema, rotinas, instalações e equipamentos de proteção do meio ambiente e da saúde dos trabalhadores.
- **Lei nº 2.011 de 10 de Julho de 1992:** Dispõe sobre a obrigatoriedade da implantação de Programa de Redução de Resíduos. Essa redução se dá na fonte geradora ou através de sua reutilização, diminuindo o volume total e/ou o grau de poluição dos resíduos.
- **Lei nº 2.110 de 28 de Abril de 1993:** Cria o Sistema Estadual de Recolhimento de Pilhas e Baterias.
- **Decreto nº 897 de 21 de Setembro de 1976:** Código de segurança contra incêndio e pânico. O presente Código regulamenta o Decreto-lei nº 247, de 21-7-75, fixando os requisitos exigíveis nas edificações e no exercício de atividades, estabelecendo normas de Segurança contra Incêndio e Pânico, no Estado do Rio de Janeiro, levando em consideração a proteção das pessoas e dos seus bens.
- **Decreto nº 8.974 de 15 de Maio de 1986:** Regulamenta a aplicação das penalidades previstas no Decreto-lei n. 134, de 16.06.75; alterado pelo Decreto n. 21.287, de 23.01.95. O presente Código regulamenta o Decreto-lei nº 247, de 21-7-75.
- **Decreto nº 8.975 de 15 de Maio de 1986:** Aprova o Regulamento dos Serviços de Controle, Coleta e Destino Final dos Despejos Industriais do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. O referido Regulamento dispõe sobre os serviços públicos de controle, coleta e destino final dos despejos industriais administrativos pela Companhia Estadual de Águas e Esgotos - CEDAE e pela Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - FEEMA, com vistas à orientação dos usuários.

- **Decreto nº 15.121 de 19 de Julho de 1990:** Altera os artigos 4^o, 10^o e 12^o do Decreto n. 8.974, de 15.05.86. Este Decreto foi revogado pelo DECRETO Nº 21.287, de 23 de janeiro de 1995. Ele institui o Fórum de Orientação da Política Ambiental do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Ele visa harmonizar as ações do Poder Executivo na promoção do desenvolvimento sustentável do Estado em cumprimento ao artigo 258 e seus parágrafos da Constituição Estadual.
- **Decreto nº 21.470 de 05 de Junho de 1995:** Regulamenta a Lei n. 1.898, de 26.11.91, que dispõe sobre a realização de auditorias ambientais. A Auditoria Ambiental, instituída pela Lei nº 1.898, de 26 de novembro de 1991, passa a integrar o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SLAP, estabelecido pelo Decreto-Lei nº 134, de 16 de junho de 1975.
- **Deliberação CECA nº 673 de 27 de Junho de 1985:** Aprova a DZ-1310 – Diretriz de Implantação do Sistema de Manifesto de Resíduos Industriais.
- **Deliberação CECA nº 935 de 07 de JULHO de 1986:** Aprova a DZ-545 – Diretriz de Implantação do Programa de Autocontrole de Emissões para atmosfera – PROCON AR.
- **Deliberação CECA nº 1.007 de 04 de Dezembro de 1986:** Aprova a NT 202 R.10 – Critérios e Padrões para Lançamento de Efluentes Líquidos.
- **Deliberação CECA nº 1.078 de 25 de Junho de 1987:** Aprova a DZ 041 – Diretriz que determina a abrangência, os procedimentos e os critérios para a elaboração de estudos ambientais.
- **Deliberação CECA nº 1.948 de 04 de Setembro de 1990:** Aprova NT- 213 R.4 – Critérios e Padrões para Controle da Toxicidade em Efluentes Líquidos Industriais.
- **Deliberação CECA nº 1.995 DE 10 de Outubro de 1990:** Aprova DZ 942 R.7 – Diretriz do Programa de Autocontrole de Efluentes Líquidos – PROCON ÁGUA.
- **Deliberação CECA nº 3.327 de 29 de Novembro de 1995:** Aprova a DZ 1.311 R.4 – Diretriz de Destinação de Resíduos.
- **Deliberação CECA/CNº 3.427 de 14 de Novembro de 1995:** Aprova a DZ 056 R.2 – Diretriz para Realização de Auditoria Ambiental.

5.1 MEIO FÍSICO

5.1.1 METEOROLOGIA

A área da costa brasileira adjacente à região de estudo é genericamente caracterizada pelo clima úmido de estação chuvosa no verão e seca no inverno (clima Aw de Köppen), especificamente apresentando clima tropical com chuva no verão e dois períodos secos no inverno (clima Aw' de Köppen adaptado ao Brasil). As distribuições sazonais dos diversos parâmetros climáticos são ciclicamente uniformes, exceto a de insolação, que é alta devido à latitude em que se encontra, mas dependente de diversos parâmetros meteorológicos e orográficos, pois é função da nebulosidade. Esta é acentuada, principalmente na primavera. Neste trecho da costa brasileira a ventilação é forte e a precipitação reduzida. A classificação climática de Gausson considera o clima ombrófilo, sem déficit hídrico e com acentuada influência marinha, o mais freqüente. Apesar da genérica uniformidade climática da área, ocorrem particularidades locais. A classificação de Thornthwaite (Romano e Alves, 1992), considera o clima subúmido com duas especificações, quais sejam:

- **subúmido úmido:** com pouco ou nenhum déficit de água, mesotérmico, com calor bem distribuído o ano todo, no trecho de Armação de Búzios até um limite pouco definido nas proximidades do rio Macaé.
- **subúmido seco:** com grande excesso de água no verão, megatérmico, com calor bem distribuído o ano todo, a partir das proximidades da Lagoa Feia.

Os dados para o diagnóstico ambiental de meteorologia da região em estudo, foram obtidos na Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil e no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 6º Distrito.

Do INMET, foram obtidos dados das estações costeiras (de superfície) localizadas em Macaé, Iguaba Grande e Maricá, com uma série de dados extensa e atualizada. Os dados referentes à estação de São Tomé foram obtidos na DHN. Estes dados, que chamaremos de dados costeiros, abrangem os períodos de observações conforme Tabela 5.1.1-1.

Tabela 5.1.1-1: Períodos de observação das estações costeiras.

LOCALIDADE	PERÍODO
Macaé	1980 até 1996
Iguaba	1980 até 1996
Maricá	1987 até 1996
São Tomé	1980 até 1996

Os dados de alto mar foram obtidos do Banco Nacional de Dados Oceanográficos – BNDO da DHN e tratam basicamente de mensagens tipo *ship*, o que lhes imprime características de aleatoriedade espacial e temporal. Estes são apresentados como um agrupamento espacial obedecendo à divisão geográfica de quadrados e sub-quadrados de Marsden, relativos ao período de 1960 a 1999 (Figura 5.1.1-1).

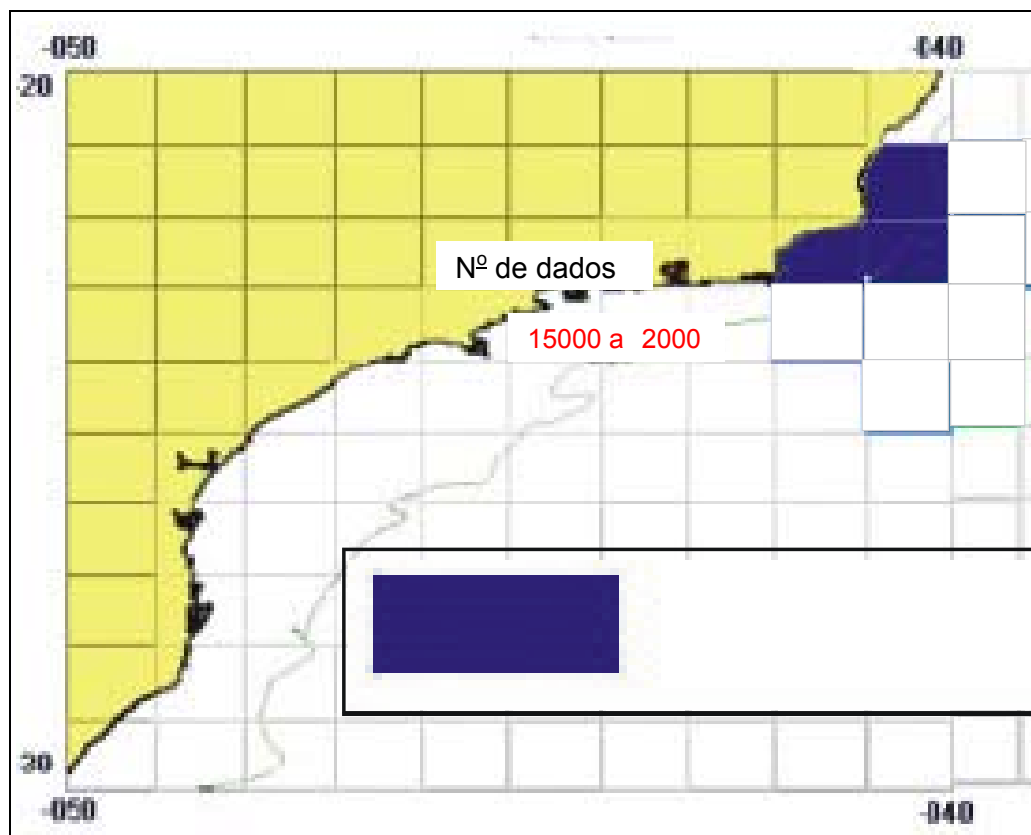


Figura 5.1.1-1: Divisão por Quadrados de Marsden com o número de dados nos da área em estudo.

Estes dados não sofrem interferências que possam gerar grandes variações em curtas distâncias, o que ocorre com estações continentais sob influência de efeitos orográficos. Ainda assim, os mais representativos nas amostragens obtidas dizem respeito à temperatura, pressão atmosférica e ao vento, parâmetros que, sobre continentes, podem apresentar grandes variações em pequenas distâncias.

Após análise comparativa entre os dados coletados em cada sub-quadrado de Marsden, constata-se que a área de estudo é relativamente homogênea do ponto de vista climatológico, levando a analisá-la como um todo, separando os dados apenas sazonalmente, em verão e em inverno.

As temperaturas médias no verão variam entre de 24° a 27°C, e no inverno, entre 21° e 24°C. Apresenta, portanto, amplitude térmica média anual de 6°C. A Figura 5.1.1-2 mostra uma comparação entre os dados de temperatura das estações costeiras e ao largo. Nota-se ligeira superioridade nos valores da estação de São Tomé, situada mais ao norte, bem como similaridade no comportamento térmico entre os dois tipos de dados. A pressão atmosférica média ao nível do mar mostra-se mais elevada durante o inverno, estando entre 1015 e 1020 hPa. Isto se deve ao fato de que, nesta estação do ano, ocorre um menor aquecimento do ar próximo à superfície, bem como entradas mais frequentes da massa de ar polar marítima, por ocasião da passagem de sistemas frontais frios pelo continente. No verão observam-se pressões médias entre 1012 a 1015 hPa.

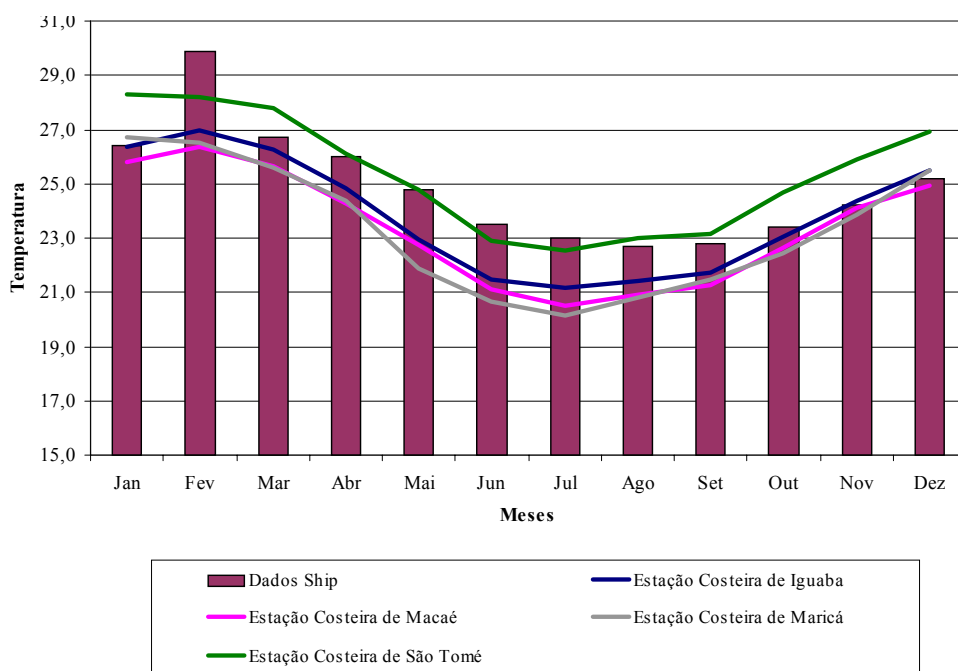


Figura 5.1.1-2: Dados de Temperatura Média Mensal.

Os dados de vento apresentados através da Figura 5.1.1-3, foram obtidos de Violante–Carvalho (1997), com base em medições feitas no período de 1987 a 1996. Mostra o número de ocorrências em oito rumos geográficos para diferentes faixas de velocidade (m/s), sendo esses dados referenciados para uma altura de dez metros. Verifica-se que os ventos predominantes são de NE (37,7%), com intensidade fraca a moderada. Rajadas ocasionais de SW são notadas e associadas à passagem de frentes frias e ciclones extratropicais.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Direção (%)	13,3	37,7	14,0	11,3	9,0	7,7	5,0	2,0
Intensidade (nós)	16,12	15,93	12,43	12,63	13,40	13,60	13,60	9,32

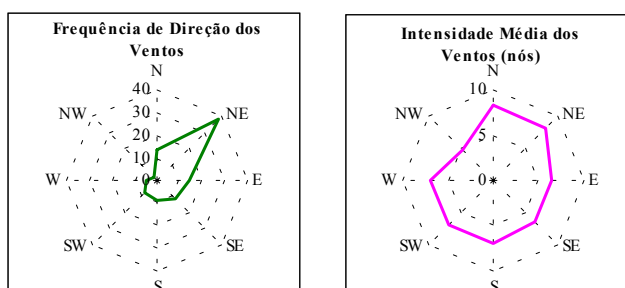


Figura 5.1.1-3: Gráficos e tabela de freqüência das direções e velocidade dos ventos (m/s) por oito rumos geográficos nas proximidades da área em estudo. (FONTE: Violante – Carvalho, 1997)

Os gráficos-síntese gerados a partir dos dados do BNDO se encontram na Figura 5.1.1-4 e expressam a direção e velocidade dos ventos, no verão e inverno. Note-se que no verão há predominância dos ventos de NE, enquanto que no inverno os ventos distribuem-se pelos oito rumos geográficos. Tanto no verão quanto no inverno as maiores intensidades de vento estão a N, sendo maiores no inverno. Além disso, foram registradas rajadas ocasionais de vento com intensidades máximas de até 86 nós, em ambas as estações do ano, nas direções N, NE, SE, S e SW no verão, e N, NE, E, SW, W e NW no inverno, sendo que as rajadas ocasionais do quadrante sul estão associadas à passagem de frentes frias e ciclones extratropicais.

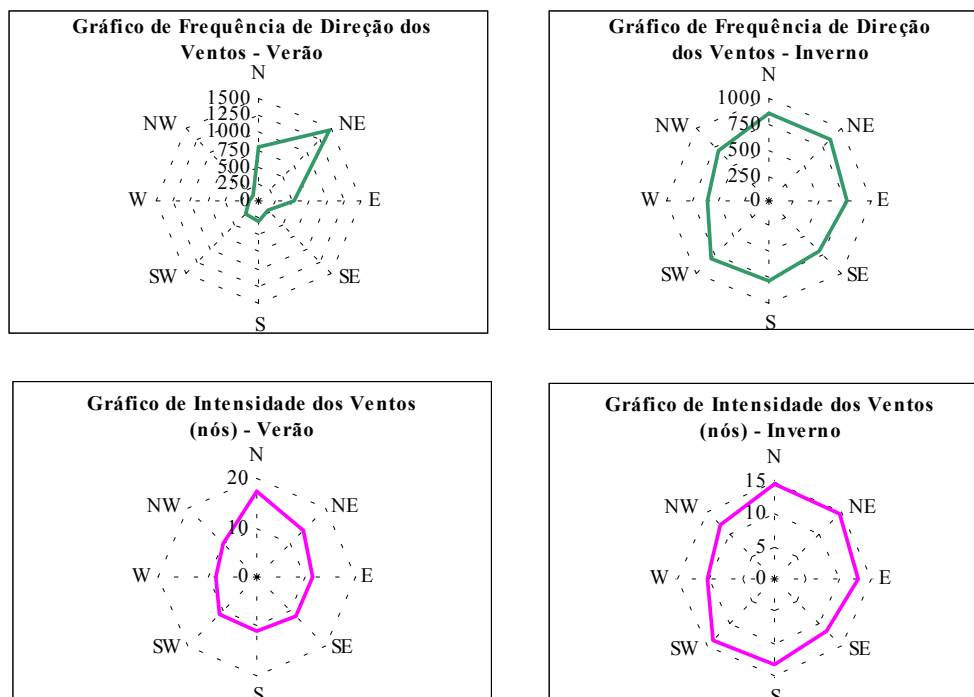


Figura 5.1.1-4: Dados de vento dos Quadrados de Marsden – FONTE: BNDO.

Nas Figuras 5.1.1-5 a 5.1.1-8 são apresentados gráficos de frequência das direções e velocidade (nós) por oito rumos geográficos, separados por semestre, elaborados com base em dados meteorológicos obtidos dos subquadrados de Marsden 37519 e 37610, localizados em águas oceânicas. Observa-se, de forma geral, maiores frequências de ventos vindos do quadrante N-E durante todo o ano, e distribuição homogênea das velocidades nas diversas direções. Não se verifica diferenças significativas entre os subquadrados por tratar-se de área oceânica, isto é, sem influência de efeitos orográficos.

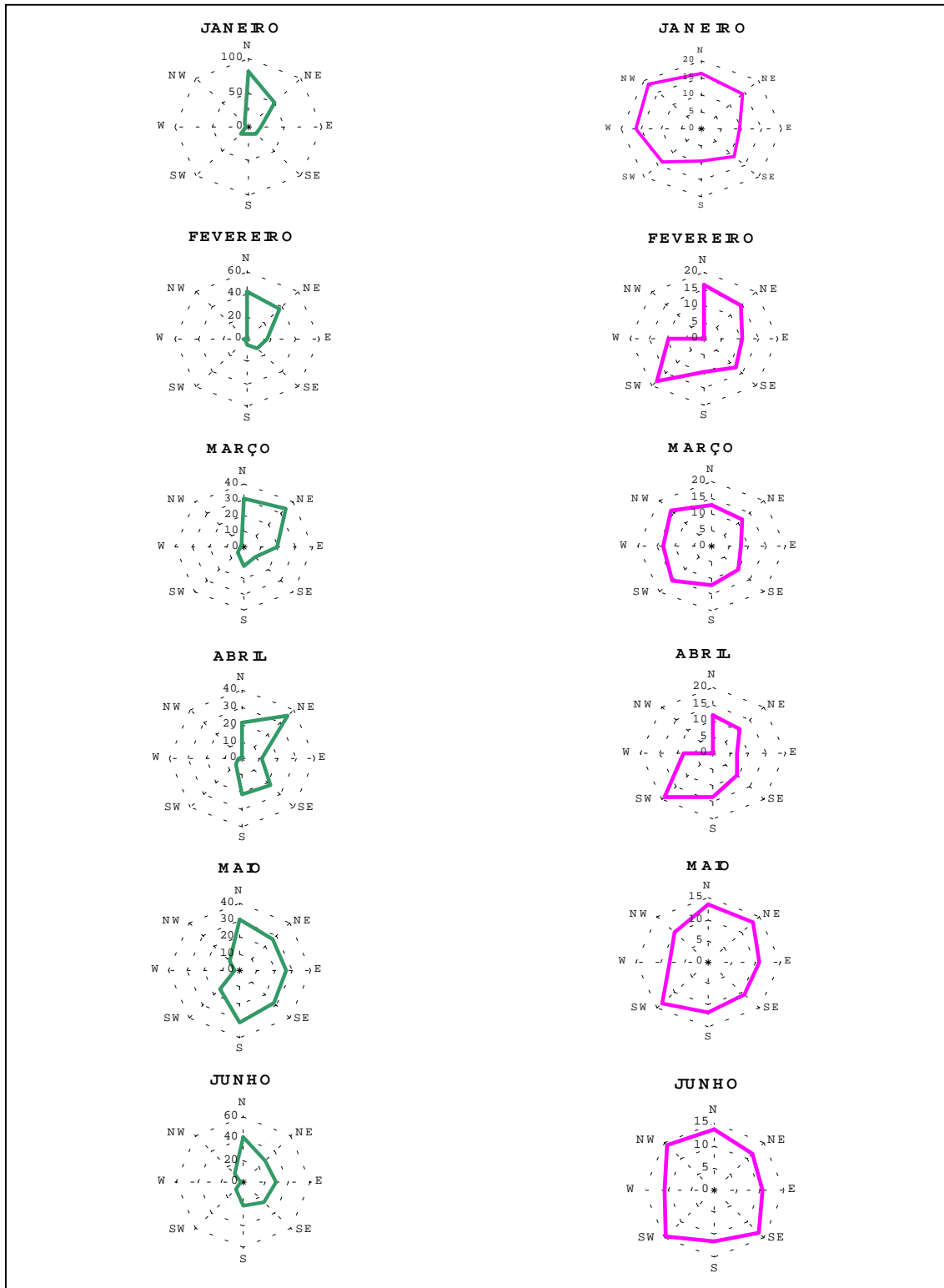


Figura 5.1.1-5: Freqüência Absoluta de Direção (esquerda) e Velocidade em nós (direita) dos Ventos por oito rumos geográficos no Subquadrado 37519 no primeiro semestre.

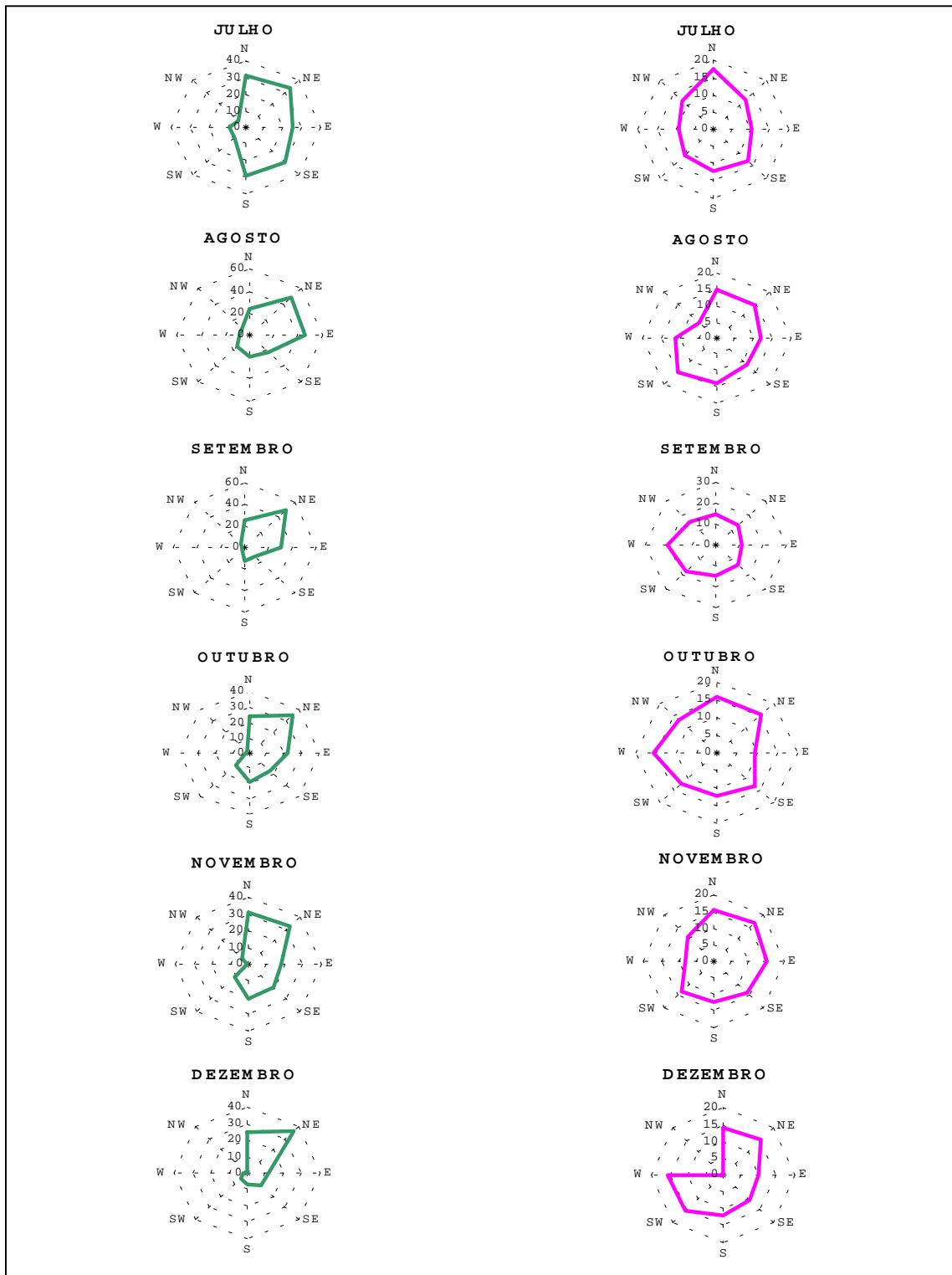


Figura 5.1.1-6: Frequência Absoluta de Direção (esquerda) e Velocidade em nós (direita) dos Ventos por oito rumos geográficos no Subquadrado 37519 no segundo semestre.

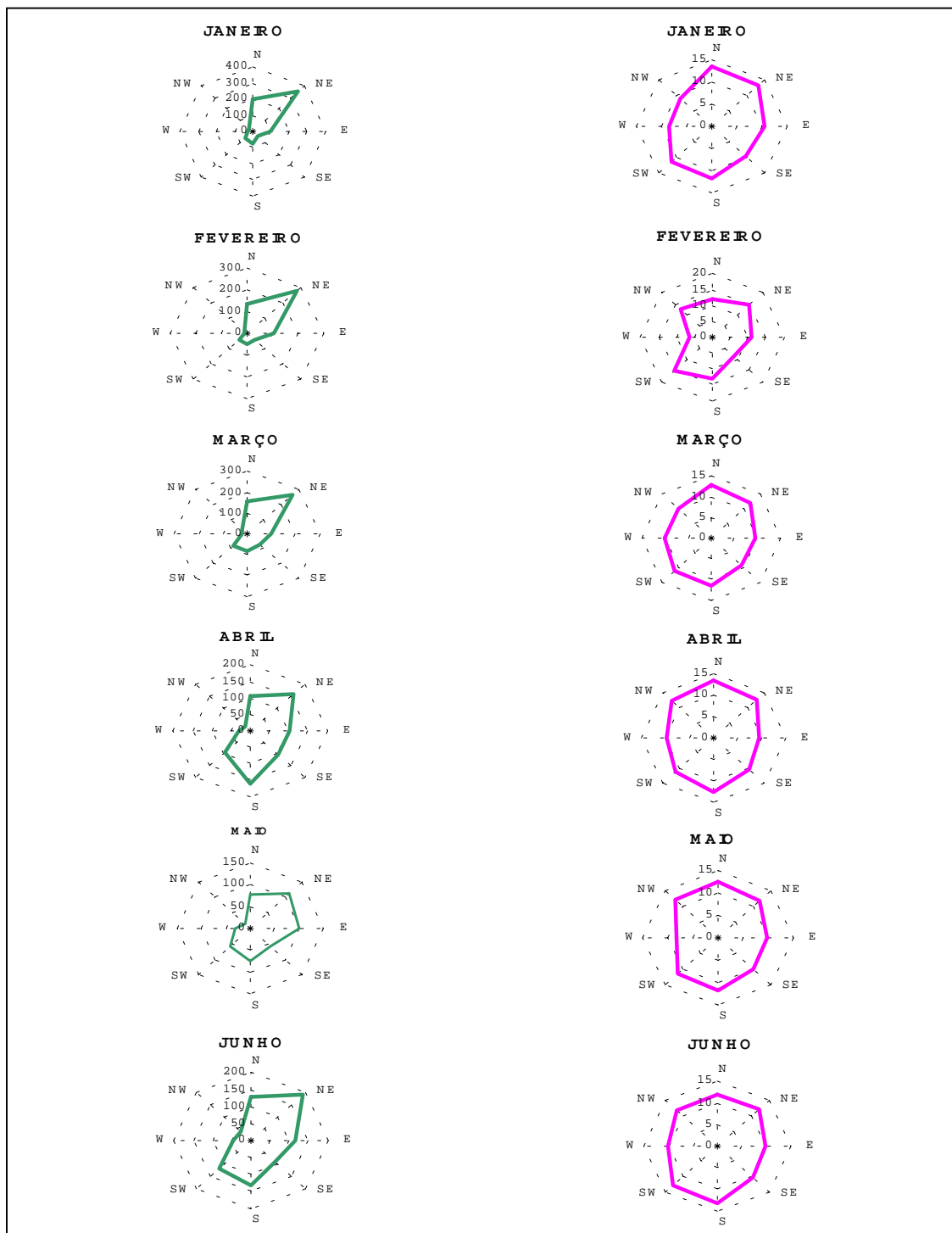


Figura 5.1.1-7: Frequência Absoluta de Direção (esquerda) e Velocidade em nós (direita) dos Ventos por oito rumos geográficos no Subquadrado 37610 no primeiro semestre.

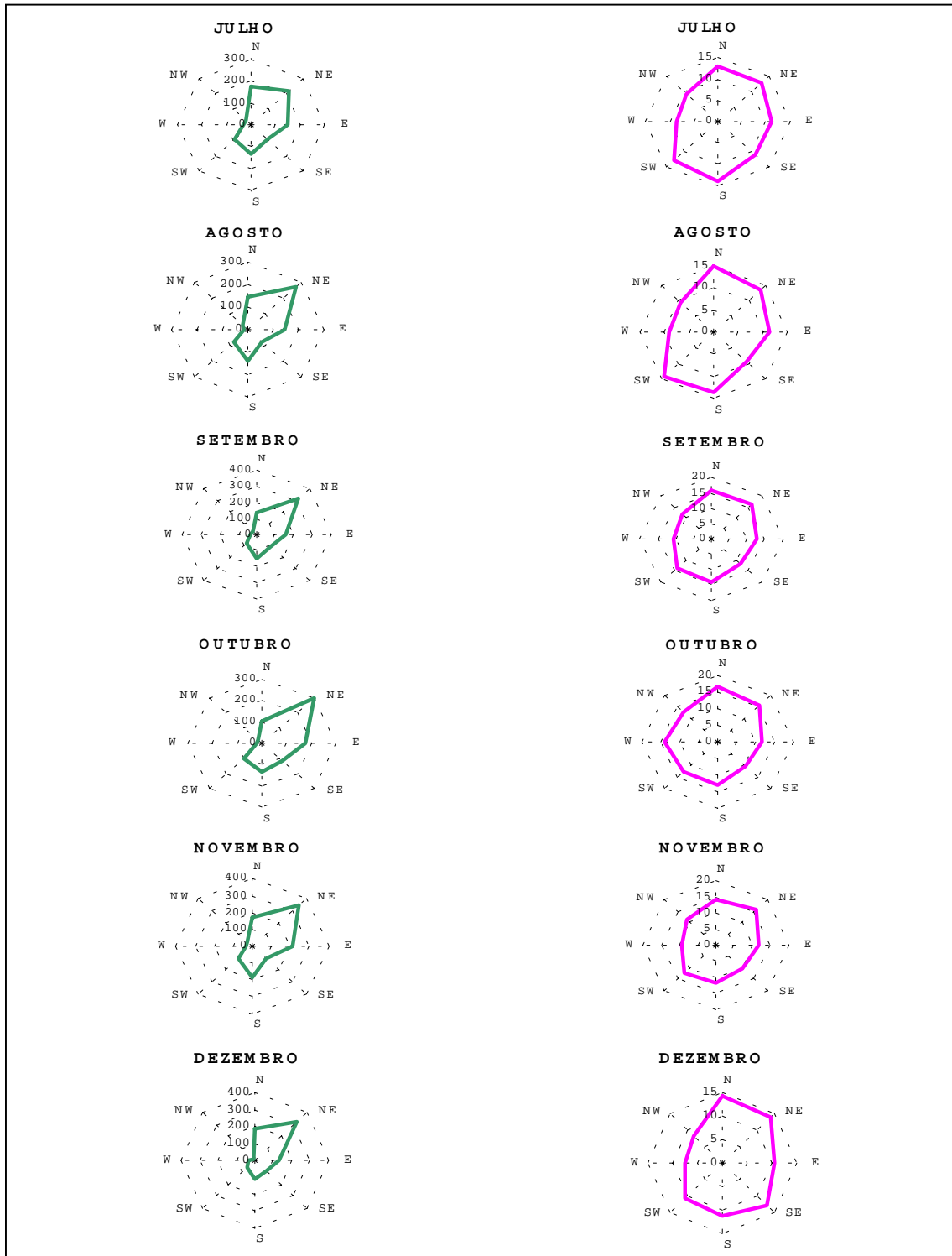


Figura 5.1.1-8: Freqüência Absoluta de Direção (esquerda) e Velocidade em nós (direita) dos Ventos por oito rumos geográficos no Subquadrado 37610 no segundo semestre.

5.1.2 OCEANOGRAFIA

5.1.2.1 Massas de Água

Lima (1997) descreve as massas d'água existentes na região com base em Reid (1989), Siedler *et al.* (1996), Garfield (1990), Signorini (1978) e Schmid (1995, *apud* Lima, 1997). São elas:

- Água Tropical (AT) – Temperatura Potencial (θ) > 18°C e Salinidade (S) > 36;
- Água Central do Atlântico Sul (ACAS) – 6°C < θ < 18°C e 34,5 < S < 36;
- Água Intermediária Antártica (AIA) - θ em torno de 4°C e S < 34,4;
- Água Profunda Circumpolar Superior (APCS) - θ em torno de 3,6°C, 34,4 < S < 34,7; e
- Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) - θ > 3,6 °C e S > 34,7.

Aplicando-se a classificação acima aos dados de temperatura (graus Celsius) e salinidade (adimensional) em profundidades-padrão, da camada superficial até 200 metros, obtidos das cartas geradas dentro do Programa REVIZEE, área de Oceanografia Física da Região Central (Silva e Alvarenga – 1995); verifica-se que a AT domina a camada superficial até 100 metros e a ACAS em 200 metros de profundidade em todas as estações do ano (Tabela 5.1.2.1-1).

Tabela 5.1.2.1-1: Classificação das massas d'água da superfície até 200 metros de profundidade segundo Lima (1997), com base em dados de Silva & Alvarenga (1995).

Prof. (m)	Verão	Outono	Inverno	Primavera
0	AT	AT	AT	AT
50	AT	AT	AT	AT
100	AT	AT	AT	AT
200	ACAS	ACAS	ACAS	ACAS

Os valores dos parâmetros são médios de uma longa série temporal de dados, mascarando, por isso, fenômenos dinâmicos locais sub-inerciais e de meso-escala como, por exemplo, ressurgência/subsidência de águas, vórtices e meandramentos da corrente do Brasil.

Para as regiões mais profundas (Tabela 5.1.2.1-2), continua-se a perceber a influência da ACAS até 500 metros, encontrando-se entre 750 e 1000 metros a AIA, a APCS a 1250 metros, e a APAN a 1500 metros de profundidade.

Tabela 5.1.2.1-2: Classificação das massas d'água de 350 a 1500 metros de profundidade, segundo Lima (1997).

Profundidade (m)	Massa d'água
350	ACAS
500	ACAS
750	AIA
1000	AIA
1250	APCS
1500	APAN

As informações foram obtidas do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO/MM), e do National Oceanographic Data Center USA para o Atlântico Sul, reunindo os resultados de uma série de comissões oceanográficas efetuadas na região entre o Cabo de São Tomé e Salvador, incluindo a Ilha de Trindade, desde 1956 até 1994, sendo apresentados os valores médios dos parâmetros depois de consistidos em malha de 1° X 1° de latitude e longitude, para verão, outono, inverno e primavera. Na Figura 5.1.2.1-1 encontra-se a tabulação dos dados e a forma gráfica dos parâmetros, interpolados para a área em estudo.

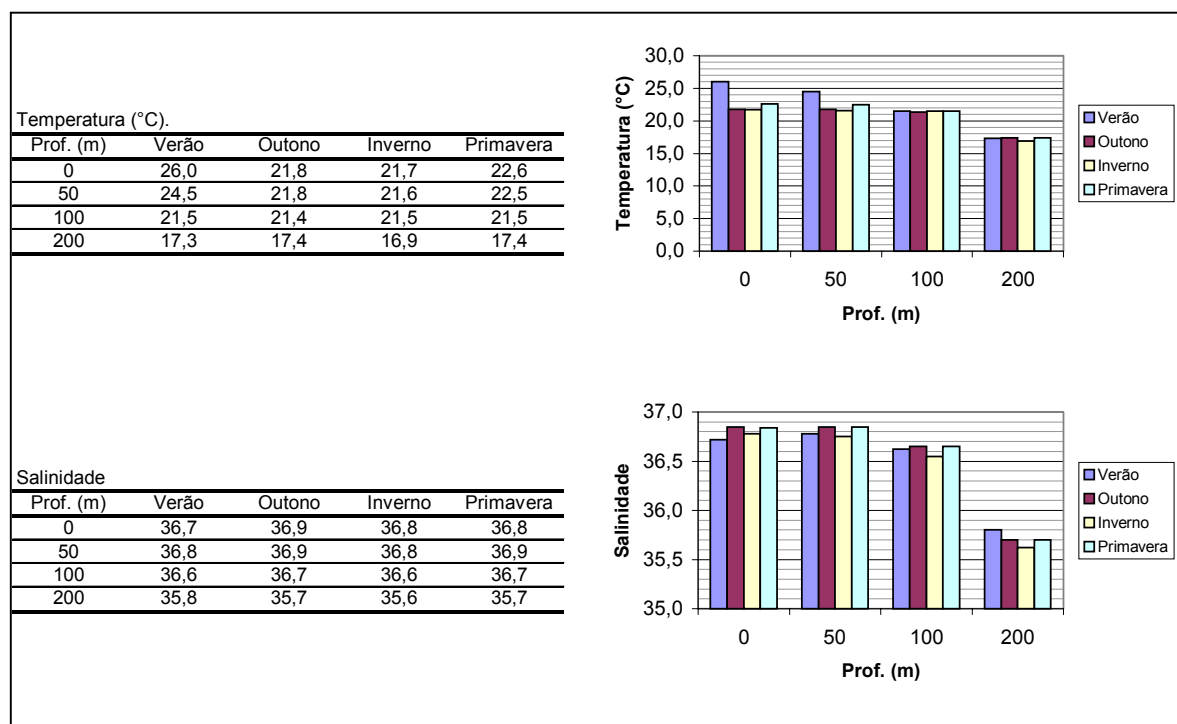


Figura 5.1.2.1-1: Tabulação e gráficos das temperaturas e salinidades médias nas quatro estações do ano, em profundidades padronizadas até 200 metros, para a região (Fonte: Silva e Alvarenga, 1995).

Observam-se maiores valores de temperatura na superfície e a 50 metros de profundidade e conseqüente maior estratificação no verão, encontrando-se valores mais homogêneos em todas as profundidades nas demais estações do ano, sendo que a 100 metros os valores são bem semelhantes durante todo o “ano médio”.

A salinidade média apresenta-se superior a 36,5 até 100 metros de profundidade em todas as estações do ano sendo no outono e na primavera comparativamente maiores do que no inverno e no verão. A 200 metros de profundidade os valores encontram-se abaixo de 36, no entanto com diminuição gradativa do verão para o outono e desta estação para o inverno, na primavera aumentando e assumindo valor igual ao de outono.

Considerando que para regiões mais profundas do que 200 metros as variações sazonais são de bem menor escala, e que o efeito da pressão sobre uma parcela d’água nestas profundidades acaba por aquecê-la, serão utilizadas informações de temperatura potencial e salinidade obtidas de perfilagens de CTD, realizadas ao longo de uma sessão próxima à latitude 22°S, portanto nas proximidades da área de estudo, em janeiro de 1995 (Lima, 1997). Esta é a informação localizada para águas

profundas mais recente encontrada na literatura consultada. Por tratar-se de águas profundas, não se espera que haja muita diferença em relação à localização de Jubarte. Os valores foram interpolados dos gráficos pelo autor apresentados, para uma coluna d'água de 1500 metros, correspondente à profundidade máxima da área aqui investigada (Figura 5.1.2.1-2).

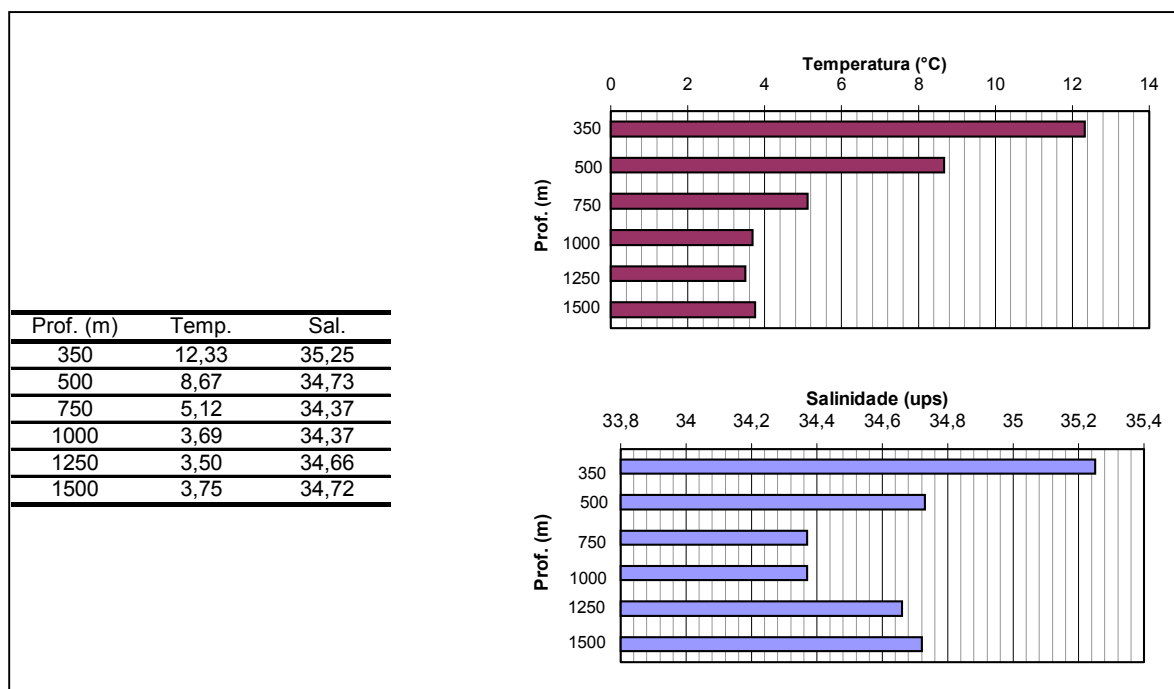


Figura 5.1.2.1-2: Tabulação e gráficos do comportamento vertical da temperatura e salinidade (em Unidade Prática de Salinidade), com a profundidade, para a região próxima à área de estudo. (Fonte: Lima, 1997).

Nota-se intensa estratificação térmica de 350 a 750 metros (termoclina permanente), a partir daí ocorrendo maior estabilidade até 1500 metros de profundidade. A salinidade também mostra decréscimo de 350 a 750 metros, estabilidade até 1000 metros e, depois, aumentos gradativos a 1250 e 1500 metros de profundidade.

A análise de dados primários levantados na Bacia de Campos vem corroborar os resultados aqui apresentados. O levantamento foi realizado de 20/05/2002 a 10/08/2002 e de 11/09/2002 a 30/09/2002. Nestes mesmos períodos foram aquisitadas imagens de sensoriamento remoto da temperatura superficial do mar, das quais são aqui apresentadas duas (Figuras 5.1.2.1-3 e 5.1.2.1-4). Observa-se que a NE do cabo de São Tomé as águas frias da Plataforma Continental são transportadas *off-shore* impulsionadas por ventos de SW (Figura 5.1.2.1-3) e também a S de Cabo Frio uma forte ressurgência, porém com pequena área aflorante (Figura 5.1.2.1-4).

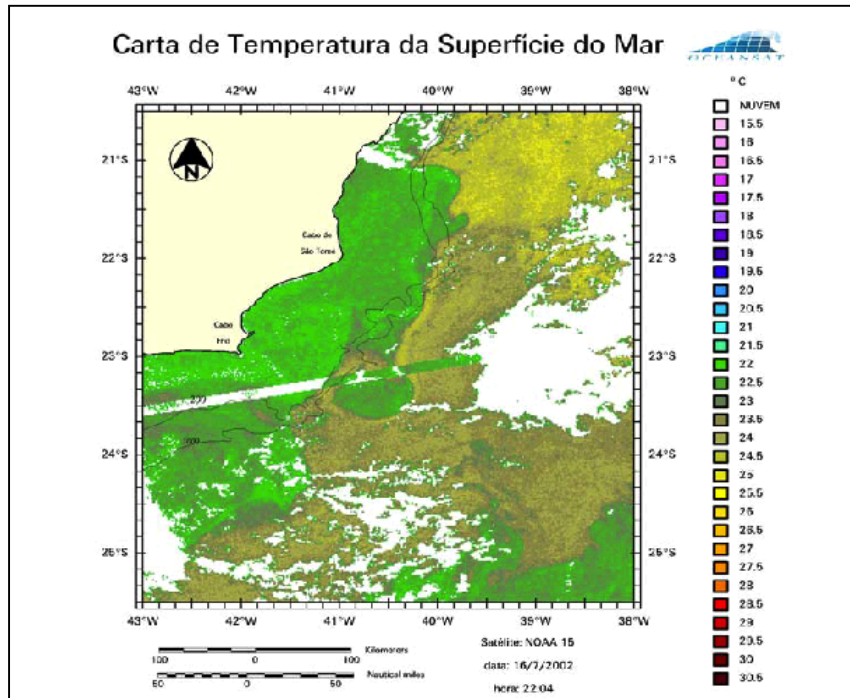


Figura 5.1.2.1-3: Mapa de temperatura superficial (°C) do dia 16/07/02. FONTE: Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção nas Bacias de Espírito Santo, Campos e Santos.

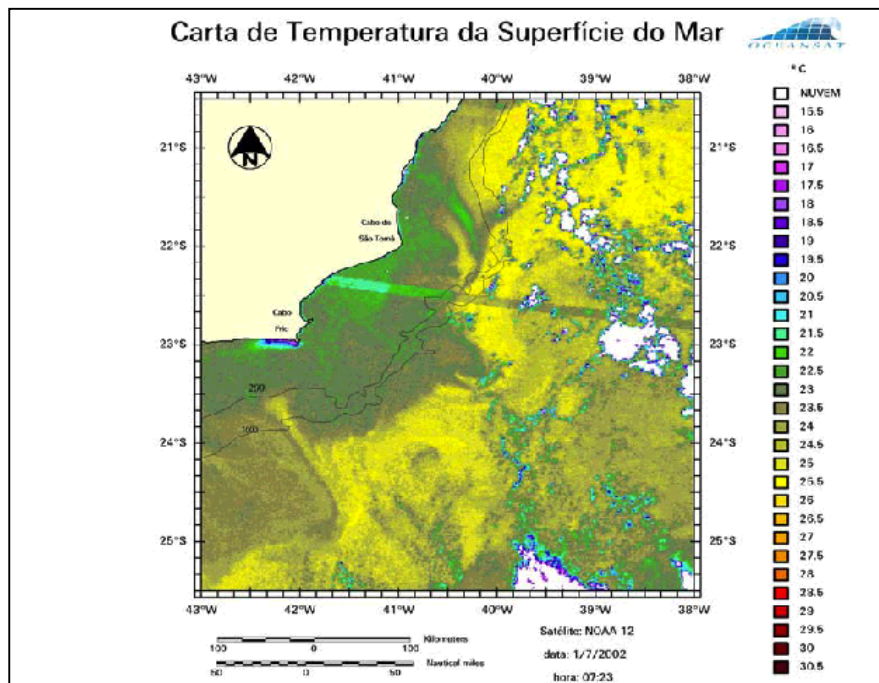


Figura 5.1.2.1-4: Carta de temperatura superficial (°C) do dia 01/07/02. FONTE: Diagnóstico Ambiental das Áreas de Exploração e Produção nas Bacias de Espírito Santo, Campos e Santos.

5.1.2.2 Correntes

◆ *BACIA DO ESPÍRITO SANTO*

As principais feições oceanográficas encontradas na região da Baía do Espírito Santo correspondem à Corrente do Brasil (CB) e seus meandramentos, sendo relevante observar o comportamento desta corrente ao passar pela cadeia de montes submarinos Vitória – Trindade.

Outro aspecto importante com relação à circulação é a caracterização das correntes de maré e das correntes geradas pelo vento. Tais correntes são quantificadas espacial e temporalmente através de medições diretas, ou seja, por meio de medições feitas por correntômetros, perfiladores acústicos e bóias de deriva, dentre outros equipamentos específicos. Podem ainda ser estimadas por meio de modelos numéricos computacionais (muitas vezes calibrados por meio de dados de corrente reais coletados na região de estudo).

Valores de fluxo geostrófico, por outro lado, podem ser obtidos através de cálculos relativamente simples. Silva e Alvarenga (1995), efetuaram o levantamento das correntes predominantes na costa central brasileira se valendo de dados de corrente de deriva observadas por navios. Os dados utilizados foram obtidos entre os anos de 1856 e 1974 pela marinha dos Estados Unidos. Foi gerada uma grade de 2,5° por 2,5° de espaçamento aonde foram inseridos os valores médios das correntes. A duração da série temporal e o espaçamento adotado permitiram a análise sazonal das mesmas. Nas Figuras 5.1.2.2-1 a 5.1.2.2-4 abaixo, observa-se que as correntes superficiais apresentam direções predominantes de sul a sudoeste, registrando claramente a presença da Corrente do Brasil na região de interesse em todas as estações do ano. As velocidades registradas são ligeiramente maiores durante o verão do que nas outras estações do ano e, também, um pouco mais intensas na região externa à plataforma continental em virtude da posição do núcleo principal da Corrente do Brasil. Observa-se também que possuem direção sul nos meses da primavera e do verão tendendo a sudoeste nos meses do outono e do inverno. Os meses em que a direção das correntes sofre um deslocamento em direção sudoeste são os que possuem as menores velocidades observadas.

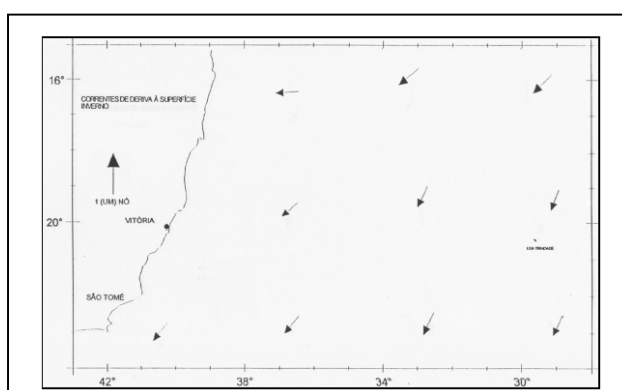


Figura 5.1.2.2-1: Correntes de deriva na Baía do Espírito Santo e adjacências durante o inverno. (Fonte: Modificado de Silva e Alvarenga, 1995)

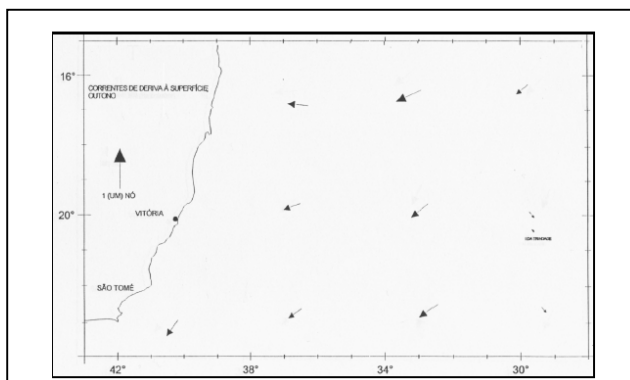


Figura 5.1.2.2-2: Correntes de deriva na Baía do Espírito Santo e adjacências durante o outono.
(Fonte: Modificado de Silva e Alvarenga, 1995)

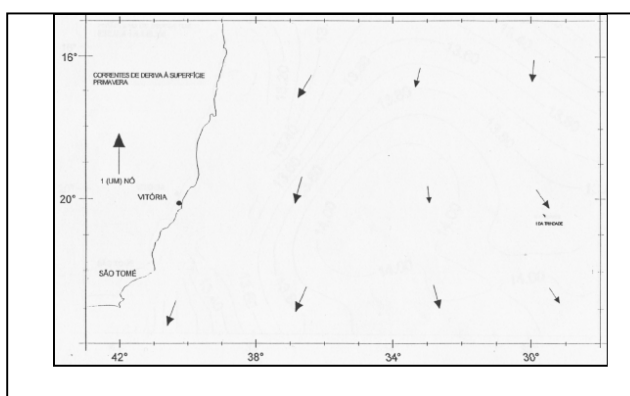


Figura 5.1.2.2-3: Correntes de deriva na Baía do Espírito Santo e adjacências durante a primavera.
(Fonte: Modificado de Silva e Alvarenga, 1995)

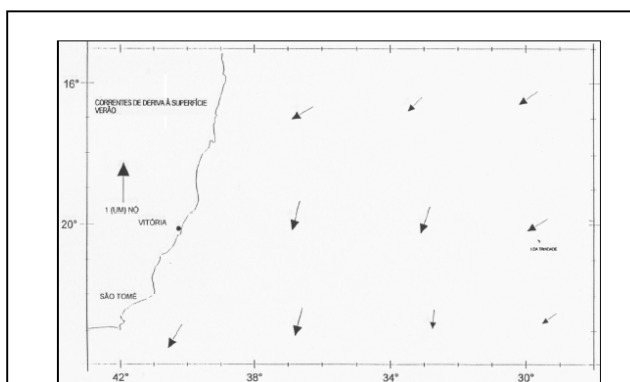


Figura 5.1.2.2-4: Correntes de deriva na Baía do Espírito Santo e adjacências durante o verão.
(Fonte: Modificado de Silva e Alvarenga, 1995)

O litoral do Espírito Santo caracteriza-se por apresentar vários bancos à leste de Vitória chamados, “Banco de Vitória”, “Banco Congress”, e “Banco Montague”. A existência destes bancos influencia as condições oceanográficas nesta área, especialmente a circulação marinha (Okuda, 1962). Estes bancos, localizados entre as latitudes de 20°S e 20,5°S, se opõem ao avanço normal da Corrente do Brasil em direção ao sul, causando uma irregularidade na circulação das águas.

Emilsson (1959) constatou consideráveis irregularidades nas correntes em frente ao litoral do Espírito Santo, anomalias essas que provavelmente são devidas ao relevo submarino acidentado nas proximidades da costa. Além disto, sabe-se da existência de um cânion com profundidades de até 2000m na área entre a plataforma continental e o “Banco de Vitória”, na região ao largo de Vitória.

A plataforma continental ao sul do Espírito Santo apresenta uma faixa relativamente extensa (cerca de 60 milhas), enquanto ao norte, próximo a Vitória, mostra-se mais estreita (cerca de 30 milhas).

Diversos autores apresentam um sistema de correntes, para a área de estudo, subdividido em camadas relacionadas às massas d'água predominantes, como a Água Tropical (AT) quente fluindo sobre a ACAS, ambas transportadas pela CB fluindo para sul, abaixo da ACAS há o fluxo para norte da Água Intermediária Antártica (AIA), (como a Água Tropical (AT), quente, fluindo para sul transportada pela CB sobre a ACAS fluindo para norte. Abaixo desta há o fluxo para norte da Água Intermediária Antártica (AIA)), a qual por sua vez estaria sobre a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) de fluxo em direção sul (Viana *et al.*, 1998; Schmid *et al.*, 1995; Signorini *et al.*, 1989).

Segundo Signorini et al. (1989), na região em estudo, a passagem mais provável da maior parte do fluxo da Corrente do Brasil ocorre em um canal mais próximo do talude em torno de 20°10'S e 37°40'W. Ainda de acordo com este autor, através de imagem de sensoriamento remoto, a água da Corrente do Brasil encontrada nas proximidades da posição 19°S e 36°W mostrou estreita conexão com a extensão do seu núcleo nas proximidades da costa.

De forma genérica, diversos trabalhos vêm concordando com uma distância média de 80 milhas náuticas (aproximadamente 150 km) do núcleo da Corrente do Brasil à costa (Paviglione & Miranda, 1985; Miranda & Castro Filho, 1979; Evans et al., 1983). Após atingir o Banco de Abrolhos, o núcleo da corrente continua sobre a plataforma continental e orienta-se para sul fluindo aproximadamente ao longo dessa isóbata até as proximidades de Cabo Frio (Signorini et al., 1989).

Dentre os fenômenos de macro-escala decorrentes dos meandramentos da CB, o que apresenta maior ocorrência e importância na área de interesse é o Vórtice de Vitória. A quantidade de estudos disponíveis a cerca deste fenômeno oceanográfico decorrente do meandramento da Corrente do Brasil (CB) é bastante reduzida. O trabalho de Schmid *et al* (1995) pode ser considerado o primeiro estudo sistemático sobre o Vórtice de Vitória. Destacam-se ainda os trabalhos de Garfield (1990), Mehdi (1997), Maluff (1999) e Souza (1999), entre outros poucos.

O Vórtice de Vitória está localizado entre a CB e a costa. Apresenta o padrão característico de um vórtice com sentido de rotação ciclônico (sentido horário no hemisfério sul). Possui núcleo relativamente mais frio e menos salino, do que a massa de água circundante (Água Tropical – AT). Tal fato deriva da ressurgência de águas profundas que atingem ali profundidades relativamente menores (Figura 5.1.2.2-5) (Schmid *et al.* 1995).

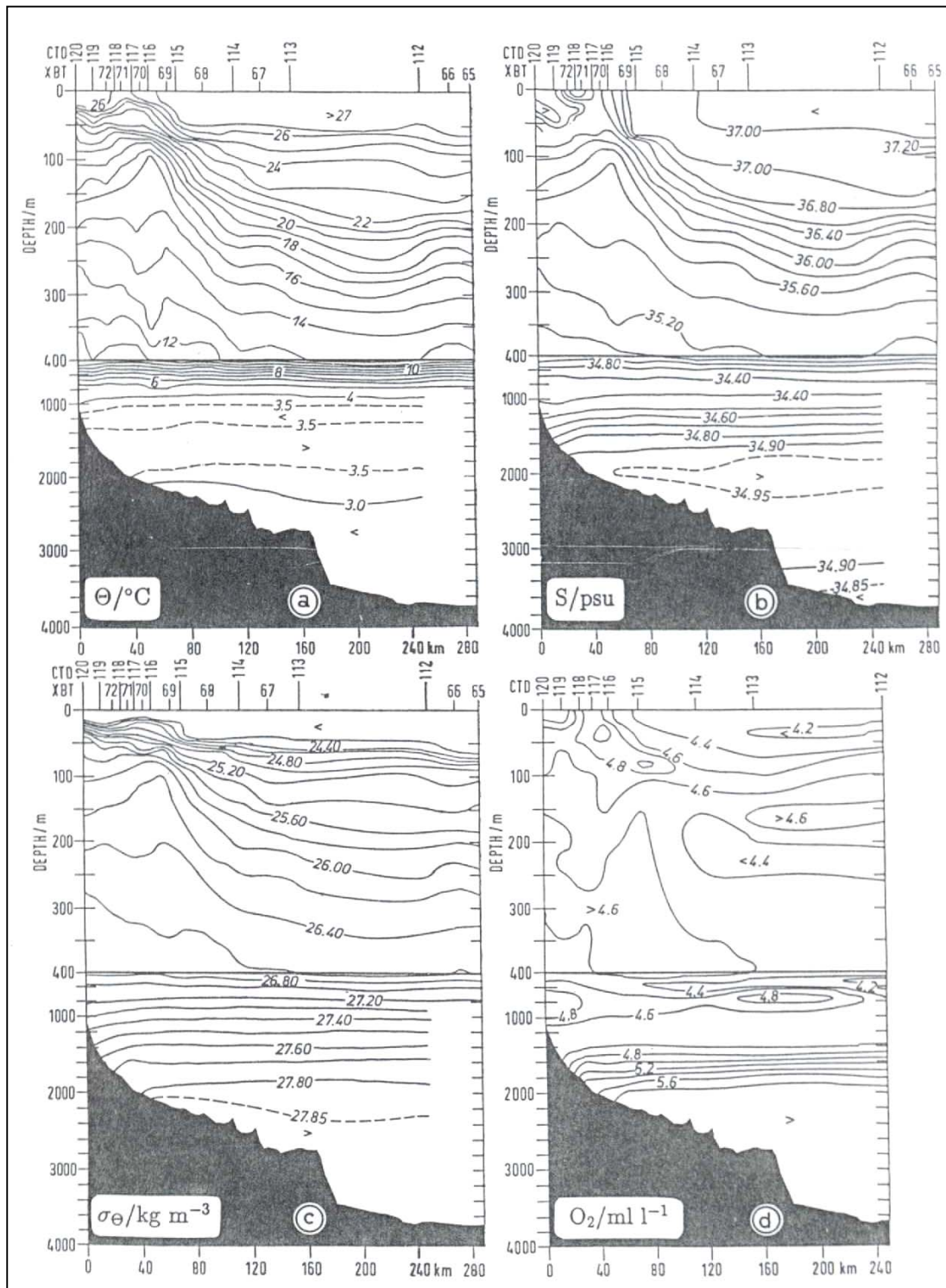


Figura 5.1.2.2-5: Seções hidrográficas através da Corrente do Brasil, mostrando a estrutura do Vórtice de Vitória: (a) temperatura potencial, (b) salinidade, (c) densidade e (d) oxigênio. O Vórtice de Vitória (estações 115-118) é caracterizado por águas frias e de baixa salinidade no seu centro. Uma camada de água mais quente é visível sobre a água mais fria do núcleo, esta está provavelmente relacionada ao aquecimento superficial durante o verão austral (a e b). Para os primeiros 50m da coluna de água a densidade depende fortemente da temperatura, as isopicnais mostram que o vórtice esteve, durante o período amostrado a oeste da CB (c). O máximo de oxigênio dissolvido ocorre no núcleo do vórtice e próximo à superfície, a extensão destes valores para leste do vórtice indica forte interação deste com a CB (d). FONTE: Schmid *et al.* (1995).

A partir da análise de imagens de satélite e dados oceanográficos da região da CB entre 20°S e 31° S, Garfield (1990) indicou que a ressurgência estaria relacionada com meandramentos e vórtices se formando a oeste da corrente principal. Indicou que a temperatura mais elevada, encontrada na camada sobre o centro do vórtice derivava do forte aquecimento superficial em latitudes subtropicais durante o verão.

Segundo dados de Schmid *et al.* (1995), obtidos através de CTD, existe marcante gradiente horizontal de temperatura, sendo o núcleo (estação 116) 8°C mais frio que as águas mais a leste (estação 112). Em contraste, o perfil da temperatura potencial do lado mais oeste (estação 120) é similar àquele do núcleo do vórtice (Figura 5.1.2.2-6). A assinatura térmica é visível da superfície até a profundidade de 700m. A semelhança entre o perfil de temperatura do lado oeste e do núcleo sugere que a água do núcleo do vórtice tem sua origem no lado costeiro da CB, sugere também que alguma água costeira é aprisionada no núcleo durante a formação do vórtice (Schmid *et al. op.cit.*).

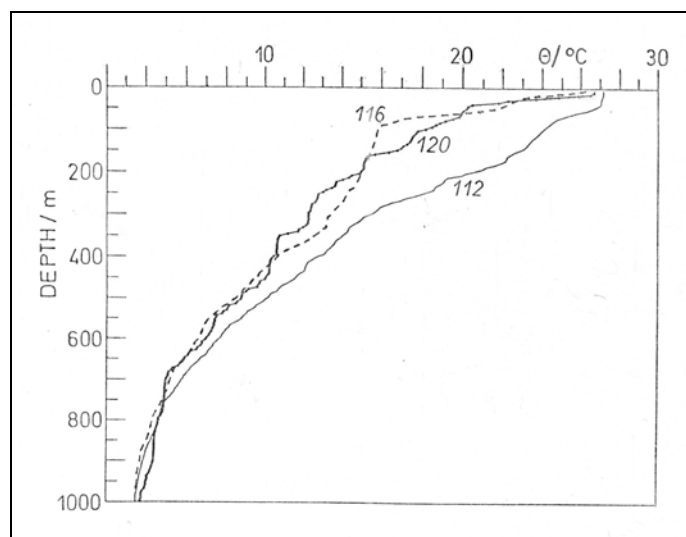


Figura 5.1.2.2-6: Perfis de temperatura potencial das estações de CTD no lado leste (estação 112), no centro (estação 116) e no lado oeste (estação 120) do Vórtice de Vitória. FONTE: Schmid *et al.* (1995).

Com base nos dados hidrográficos apresentados, Schmid *et al.* (1995) sugeriram que um mecanismo possível de geração do Vórtice de Vitória seria uma forte ressurgência costeira aliada ao meandramento da CB, o qual poderia ter se desenvolvido em um vórtice ciclônico. Tendo por base imagens de satélite, estes autores estimaram o raio do centro do vórtice em aproximadamente 25 km.

Segundo Schmid *et al.* (1995) os cálculos da velocidade geostrófica foram feitos de acordo com a distribuição local de massas d'água, a qual corresponde à estrutura típica da CB. Adotaram a profundidade de 1200m como nível de referência, que equivale ao mínimo de oxigênio dissolvido, entre o fluxo para norte da AIA e o fluxo para sul da APAN. A distribuição das velocidades horizontais revelou dois núcleos de velocidades de sinais opostos nos primeiros 200m, o que demonstra claramente a natureza ciclônica do vórtice. O máximo a leste possui velocidade de direção sul e módulo superior a 50 cm.s^{-1} , enquanto o lado oeste possui direção norte e módulo de 40 cm.s^{-1} . Esta assimetria pode ser facilmente explicada pela superposição do fluxo de sul da CB e o fluxo do lado leste do vórtice de Vitória.

O máximo de transporte geostrofico cumulativo para o norte do Vórtice de Vitória é de 2.9 Sv, enquanto o máximo para sul é de 7.4 Sv. Estes valores foram calculados por Schmid *et al.* (1995) nos primeiros 600m para o nível de referência de 1200db, e integrados para toda seção de oeste para leste.

A translação do Vórtice de Vitória mostra algumas características interessantes. Num primeiro momento, este migra para nordeste, mais tarde retoma sua posição de origem e desloca-se para sul (Figura 5.1.2.2-7).

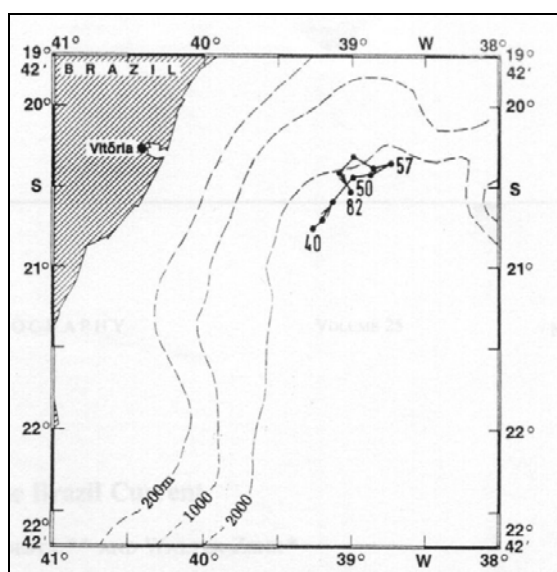


Figura 5.1.2.2-7: Translação do Vórtice de Vitória. Os pontos marcam a posição central e os números o total de dias. FONTE: Schmid *et al.* (1995).

Segundo a teoria de translação de vórtices em oceano aberto, um vórtice ciclônico no Hemisfério Sul teria direção de translação para sudoeste, na ausência de correntes. Somente a presença de uma corrente de larga escala, de direção nordeste, na camada superficial poderia causar o movimento observado para o Vórtice de Vitória. Entretanto, a única corrente de larga escala presente na região é a CB, a qual possui direção aproximada para sul. Para explicar este comportamento Schmid *et al.* (1995) propõem a hipótese de que a translação do Vórtice de Vitória é fortemente influenciada pela topografia local. Tal hipótese foi mais tarde reafirmada nos trabalhos de Mehdi (1999) e Souza (1999) através da utilização de ferramentas de modelagem numérica.

No entanto, a CB é uma corrente relativamente superficial ocupando, aproximadamente, os primeiros 400 a 500 m da coluna d'água (Signorini, 1976; Peterson & Stramma, 1991; Lima, 1997). Poucos trabalhos analisam as características da circulação abaixo desta camada. Um destes é o de Harkema & Weatherly, (1993) descrito a seguir.

Com o objetivo principal de se obter maior conhecimento acerca da circulação abaixo da termoclina, um programa oficial do World Ocean Circulation Experiment (WOCE) foi realizado com o nome de Deep Basin Experiment (DBE). Seu plano e implementação são descritos no documento "Toward a Deep Basin Experiment" (WOCE,1990). Os resultados das medições feitas em uma seção composta por dez fundeios de correntômetros (Figura 5.1.2.2-8) foram descritos no

trabalho de Harkema & Weatherly, (1993). Estes fundeios foram colocados ao norte da cadeia Vitória–Trindade entre os dias 27 de setembro e 1 de outubro de 1993 e recolhidos entre 20 e 29 de março de 1995. As características dos fundeios estão sintetizadas na Tabela 5.1.2.2-1.

Tabela 5.1.2.2-1: Características dos fundeios.

No.	Col. d'água	Latitude S Graus Min	Longitude W Graus Min	Data de Lançamento	Data de Retirada	No. Dias com dados
1	1738 m	18 52.115	37 47.777	10/01/93	3/29/93	543.3
2	3491 m	18 44.293	37 15.354	09/30/93	3/28/93	543.3
3	3773 m	18 39.880	36 45.625	09/30/93	3/28/93	543.3
4	4015 m	18 33.469	35 39.964	09/30/93	3/27/93	543.2
5	4153 m	18 25.917	34 51.946	09/27/93	3/23/93	539.8
6	4372 m	18 17.227	33 55.396	09/29/93	3/23/95	539.8
7	4440 m	18 06.946	32 49.489	09/28/93	3/20/95	537.7
8	4640 m	17 57.873	31 39.932	09/28/93	perdido	-
9	4788 m	17 44.670	30 00.312	09/27/93	3/26/95	544.4
10	5316 m	17 25.172	28 00.445	09/26/93	perdido	-

Segundo Harkema & Weatherly, (1993), três massas d'água são observadas abaixo da termoclina permanente na Bacia do Brasil: a Água Intermediária Antártica (AIA); a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e a Água Antártica de Fundo (AAF) subdividida em três componentes, a componente superior derivada do Mediterrâneo, a central associada à Água do Mar de Labrador e uma componente inferior originada no Estreito da Dinamarca. O nível de movimento nulo foi estimado como sendo a superfície de densidade $\rho_4 = 45.87$ (que é a interface entre a APAN e a AAF), e, para águas mais rasas onde não ocorre a AAF, a superfície de densidade $\rho_4 = 36.7$ (a interface entre a APAN e a AIA). A corrente de fundo (CF) da AAF é uma corrente volumosa (com 800 km de largura) em direção ao norte com centro localizado a aproximadamente 600 km da quebra da plataforma continental deslocando-se sobre o fundo. A corrente de fundo (CF) da APAN é uma corrente estreita (com 300 km de largura) fluindo para o sul, à oeste da CF da AAF, centrada a cerca de 175km da quebra da plataforma. Há indicação de um segundo núcleo mais fraco dessa corrente observado com centro a cerca de 550 km da quebra da plataforma e se sobrepondo à AAF. A corrente de fundo da AIA, que tem resolução parcial nesta seção vertical, pode ser vista como uma corrente mais rasa fluindo para o norte limitada a cerca de 150 km da quebra da plataforma.

As correntes médias da AIA, da APAN superior e da APAN inferior, são mostradas nas Figuras 5.1.2.2-9 a 5.1.2.2-11, respectivamente.

Analisando a Figura 5.1.2.2-9, pode-se notar que a corrente de fundo da AIA, embora tenha um comportamento irregular à cerca de 3000 m, apresenta um deslocamento seguindo a configuração do fundo no nível de 4000 m em direção ao norte com a velocidade de até 10 cm/s. A APAN superior (Figura 5.1.2.2-10) e a APAN inferior (Figura 5.1.2.2-11) têm um comportamento similar atingindo maiores velocidades no nível de 3000 m em direção ao sul (chegando a mais de 10 cm/s) e, no nível de 4000 m, com um deslocamento muito pequeno em direção ao norte.

A AAF foi a única observada no nível de 4500m. Nesta profundidade e no nível de 4000 m ela se desloca para NW, atingindo a média de 5 cm/s na profundidade de 4500m. Já a 3000 m esta corrente apresenta um comportamento irregular deslocando-se para N próximo a cerca de 2000 m e para o S no fundeio imediatamente à direita (oeste).

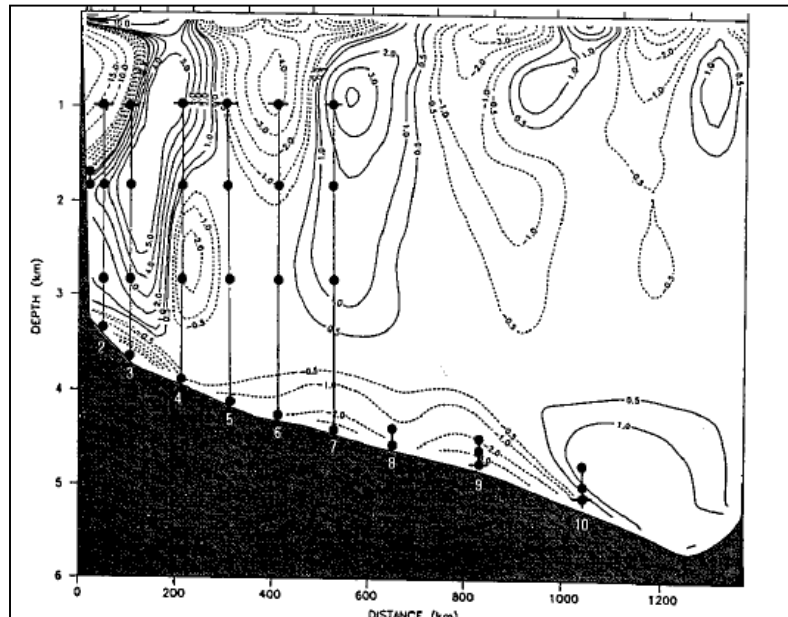


Figura 5.1.2.2-8: Seções verticais com a posição dos correntômetros (círculos preenchidos e círculos preenchidos com barras). Os números com as posições dos correntômetros são indicados. Os fluxos geostroficais são apresentados pelos contornos sólidos (pontilhados) em direção ao sul (norte) com valores em cm/s.
Fonte: Madron e Weatherly, 1994, J. Mar. Res., 52, p.617

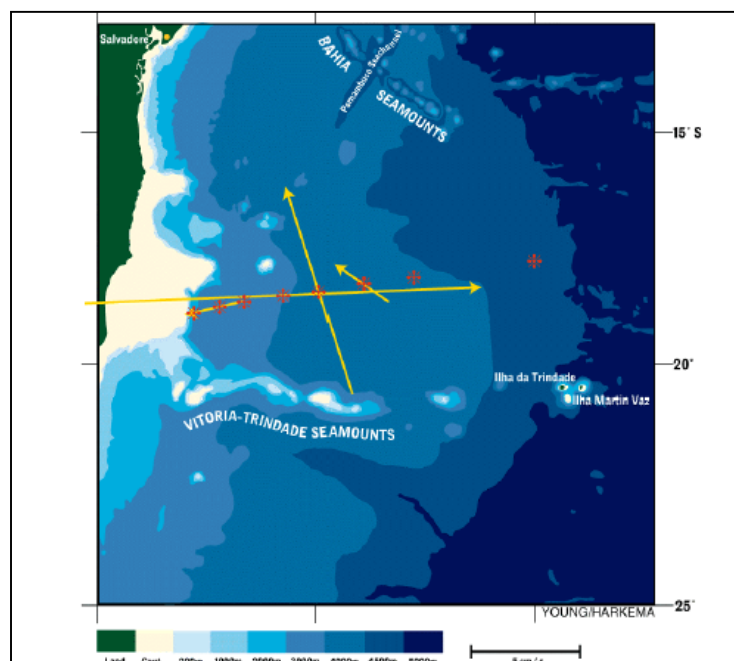


Figura 5.1.2.2-9: Velocidade média da Água Intermediária Antártica (AIA) a 900m. Asteriscos vermelhos são as posições dos fundeios dos correntômetros. As setas são os vetores de velocidade média de corrente nestes correntômetros.

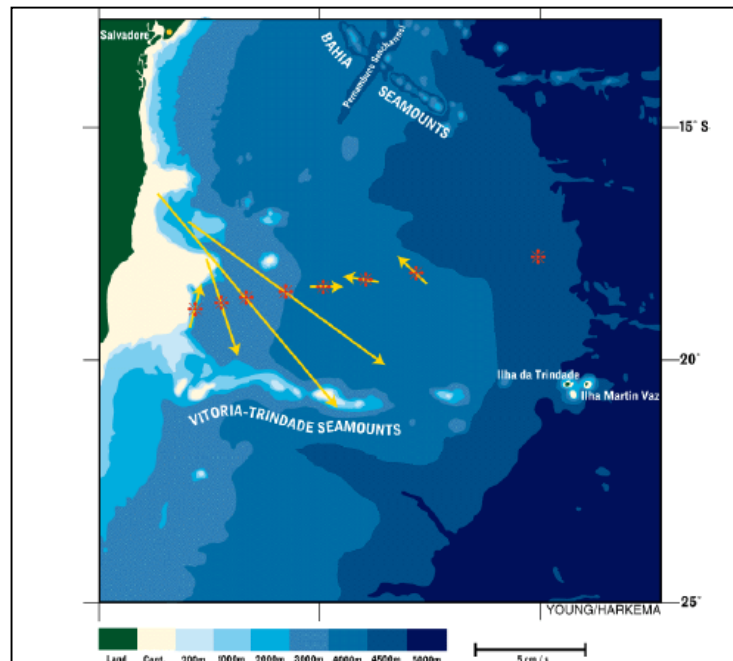


Figura 5.1.2.2-10: Média da componente superior da corrente da Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) a 1800m. Asteriscos vermelhos são as posições dos fundeios dos correntômetros. As setas são os vetores de velocidade média de corrente nestes correntômetros.

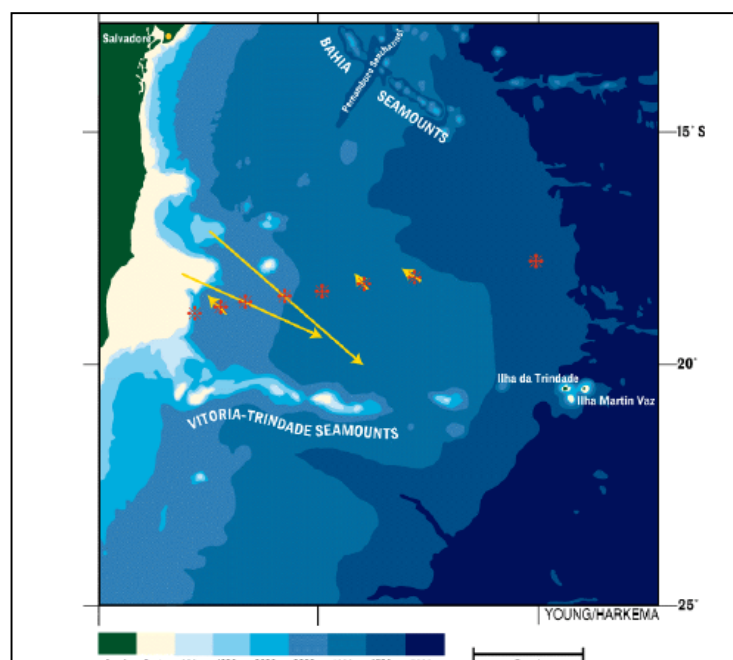


Figura 5.1.2.2-11: Média da componente inferior da corrente da Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) a 2800m. Asteriscos vermelhos são as posições dos fundeios dos correntômetros. As setas são os vetores de velocidade média de corrente nestes correntômetros.

Maluf (1999) e Schmid et al. (1995) apresentam a trajetória de seis derivadores que acompanharam o deslocamento para sul da CB (Figura 5.1.2.2-12). Tais derivadores possuíam velas a 15 m de profundidade como uma forma de minimizar o efeito do vento sobre o deslocamento dos mesmos. Os dados referentes à análise das trajetórias apresentadas se encontram resumidos na Tabela 5.1.2.2-2.

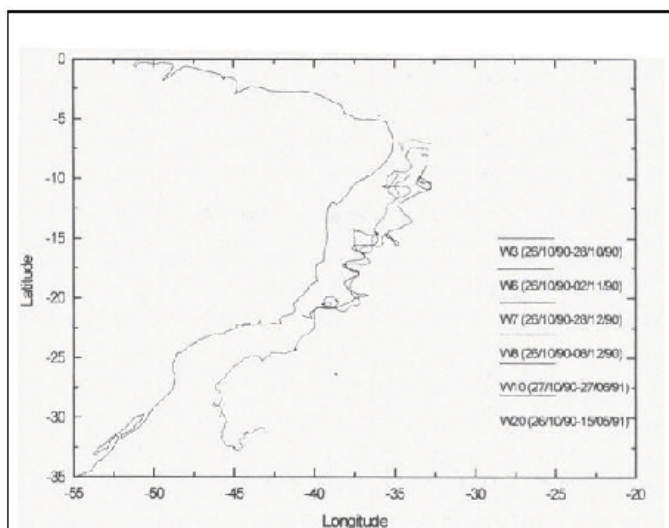


Figura 5.1.2.2-12: Mapa apresentando as trajetórias dos derivadores que bifurcaram para sul, seguindo com a corrente do Brasil. (Fonte : Maluf, 1999)

Tabela 5.1.2.2-2: Análises das trajetórias dos derivadores com vela a 15 m. (Fonte:Maluf, 1999).

Trajetoária	Data Início – Final Duração (dias)	Velocidade Resultante (cm/s)	Direção resultante (graus)
W3	26/10/90 – 28/10/90 2.125	29.18	195.62
W6	26/10/90 – 02/11/90 2.25	12.03	294.61
W7	26/10/90 – 28/12/90 62.875	5.73	223.58
W8	26/10/90 – 08/12/90 42.625	6.05	272.17
W10	27/10/90 – 27/06/91 243.5	12.36	201.83
W20	26/10/90 – 15/05/91 200.75	9.30	210.40
MÉDIA		12.44	233.04
DESVIO PADRÃO		8.67	40.74

Destacam-se as trajetórias W10 e W20 como as de especial interesse para o presente trabalho, por apresentarem similaridade no comportamento entre as latitudes de 17° e 22° S, mesmo tendo sido lançados a uma distância significativa um do outro. O comportamento observado sugere fortemente que nessa região os derivadores foram capturados pelo núcleo da CB e que esse núcleo exibiu uma trajetória em meandros, com oscilações de grande amplitude. Nota-se este comportamento especialmente na trajetória W20, o que parece representar um padrão ondulatório de frequência menor do que o meandramento. É pouco provável que o padrão oscilatório exibido seja resultante

de oscilações correspondentes no campo de ventos (Maluf, op. cit.). De acordo com o supracitado autor, ao analisar separadamente a trajetória W10, pode-se notar que, após ultrapassar a região da cadeia de montes submarinos Vitória – Trindade ($\sim 20^\circ$ S), ao que tudo indica, o derivador foi capturado pelo Vórtice de Vitória. O exame cuidadoso deste trecho da trajetória indica coincidência de época e local com derivadores de vela a 100 m de profundidade analisados, também, por Schmid et al. (1995). Após efetuar duas voltas no vórtice o derivador segue uma trajetória semelhante à configuração da costa.

As velocidades geostróficas podem ser calculadas de acordo com a base de dados e a metodologia utilizada. Normalmente, as velocidades geostróficas são calculadas a partir de dados de temperatura e salinidade obtidos de CTD, mas estas velocidades também podem ser obtidas através de dados de altimetria, por exemplo. A Tabela 5.1.2.2-3 apresenta alguns valores selecionados da literatura obtidos a partir de dados hidrográficos.

Tabela 5.1.2.2-3: Velocidades geostróficas retiradas da literatura.

Autor e ano	Velocidades Geostróficas (cm/s)
Evans <i>et al.</i> (1983) (velocidade nos primeiros 500m)	40 (núcleo)
Miranda & Castro Filho (1982) (velocidade nos primeiros 500m)	72 (19° S) 50 – 60 (na Cadeia Vitória Trindade)
Schmid <i>et al.</i> (1995) (velocidade na superfície)	50 (direção sul) 40 (direção norte – Vórtice de Vitória)

Miranda & Castro Filho (1982) afirmam que na região da Cadeia Vitória –Trindade observa-se uma velocidade máxima de 50 – 60 cm/s relativo aos primeiros 500 m enquanto a CB flui através de uma passagem de profundidade de 200 m entre a costa e os bancos, estes chegando até aproximadamente 200 m da superfície.

A modelagem matemática também é uma ferramenta útil para o cálculo de velocidade e considera outros efeitos, como o vento local e influência da batimetria, além da forçante geostrófica. A Tabela 5.1.2.2-4 apresenta os resultados de velocidades calculadas em diversos trabalhos, incluindo a área de interesse, com o uso da modelagem matemática.

Tabela 5.1.2.2-4: Velocidades calculadas através de Modelagem matemática (Velocidades máximas na superfície).

Autor e ano	Velocidades calculadas (cm/s)
Signorini <i>et al.</i> (1989)	30 – 40
Souza (1999)	20

Outra importante ferramenta utilizada na determinação dos campos espaciais de distribuição das correntes, notadamente das superficiais, é o sensoriamento remoto. No entanto são comuns problemas referentes aos custos relacionados a tal ferramenta ou limitações técnicas como a definição espacial ou temporal.

Muitas das informações de correntes levantadas são geralmente frutos de cálculos oriundos de dados como SSH (sea surface height ou altimetria). Aqui, apresenta-se o uso de dados do satélite TOPEX/ERS para o cálculo do fluxo geostrófico superficial.

É importante ressaltar que cálculos geostróficos a partir de dados de altimetria estão relacionados a fenômenos de larga escala (ondas longas como Rossby e Kelvin), não levando em conta o efeito de marés, vento e ondas de gravidade geradas pelo vento. Apesar disso é possível delinear a conformação geral da circulação local e regional.

A velocidade geostrófica superficial foi calculada a partir de 4 anos de dados de altimetria obtidos do Topex/ERS-2 (janeiro de 1998 à janeiro de 2002) e medianizada. As Figuras 5.1.2.2-13 a 5.1.2.2-24 apresentam a distribuição das velocidades geostróficas calculadas para as médias de todos os meses do ano, com o objetivo de apresentar campos de altimetria e velocidade característicos de verão, outono, inverno e primavera. Constatou-se que, em geral, a região sofre a influência da Corrente do Brasil que flui para sul e possui muitos meandramentos, principalmente nas proximidades da latitude 20°S devido à influência da Cadeia Vitória-Trindade.

Verão: Em janeiro verifica-se um intenso vórtice anti-ciclônico, caracterizado por elevação do nível do mar no seu centro e que sofre a influência da Corrente do Brasil. Na média destes 4 anos não há presença de vórtice ciclônico intenso na latitude de 20°S e próximo à costa, que possa corresponder ao vórtice de Vitória, mas há um meandramento com pequena intensidade à 37° W que deve estar relacionado à cadeia de montes submarinos Vitória-Trindade (Figura 5.1.2.2-13). Na média do mês de fevereiro os meandramentos são mais intensos e há presença de vários vórtices ciclônicos. Os vórtices anti-ciclônicos são menos intensos (Figura 5.1.2.2-14). Na média de março os vórtices estão mais enfraquecidos e há formação de um vórtice ciclônico na altura de 20°S-39°W que pode estar relacionado à formação do vórtice de Vitória (Figura 5.1.2.2-15).

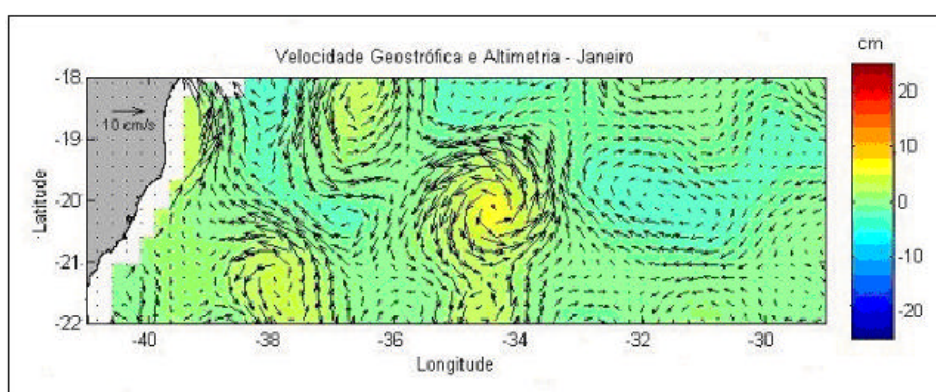


Figura 5.1.2.2-13: Média de velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de janeiro.

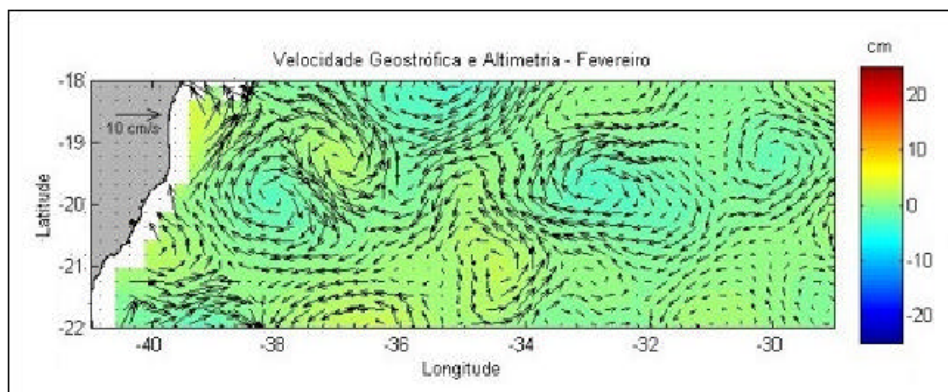


Figura 5.1.2.2-14: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de fevereiro.

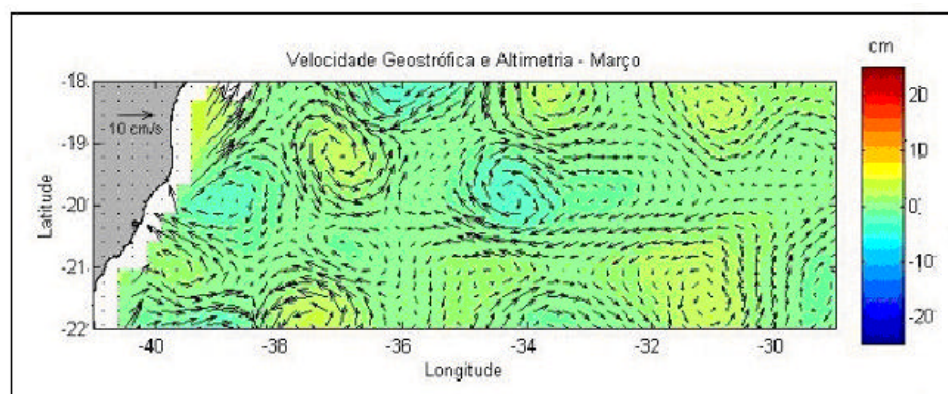


Figura 5.1.2.2-15: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de março.

Outono: Na média do mês de Abril há um vórtice ciclônico bem caracterizado, o vórtice de Vitória. Os meandramentos mais à oeste são menos intensos (Figura 5.1.2.2-16). Em maio observa-se dois vórtices ciclônicos bem caracterizados, um com seu núcleo abaixo da cadeia de Vitória-Trindade (abaixo de 21°S) e outro com seu núcleo entre 19°S e 20°S, mais à leste (Figura 5.1.2.2-17). O Mês de Junho é caracterizado por um aumento em dimensão e deslocamento do vórtice ciclônico que estava abaixo de 21°S para norte, e pela presença, mais à leste, de um vórtice ciclônico entre as latitudes 19°S e 20°S, como observado no mês anterior (Figura 5.1.2.2-18).

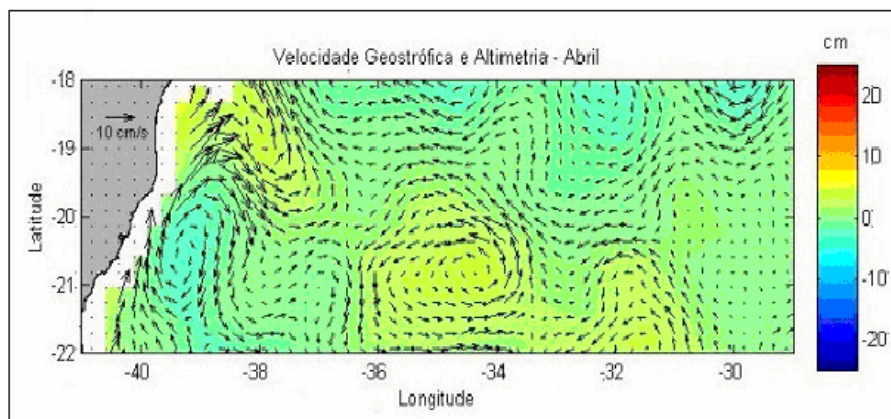


Figura 5.1.2.2-16: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de abril.

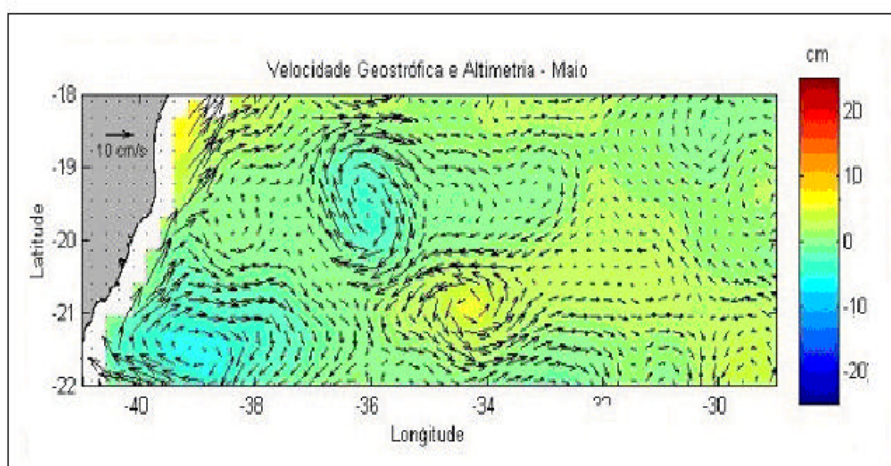


Figura 5.1.2.2-17: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de maio.

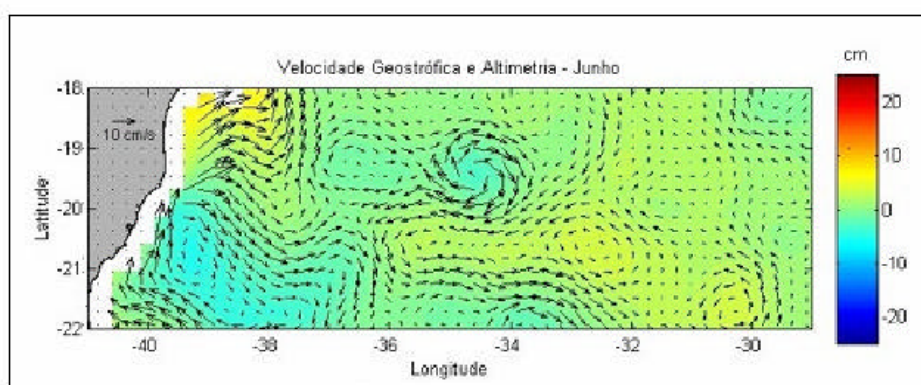


Figura 5.1.2.2-18: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de junho.

Inverno: Na média do mês de Julho há um vórtice ciclônico em 39°W que deve corresponder ao vórtice de Vitória (Figura 5.1.2.2-19). Na média de Agosto o vórtice continua sendo observado e sofre um pequeno deslocamento para nordeste. Todos os outros vórtices observados estão bem enfraquecidos (Figura 5.1.2.2-20). Em setembro observa-se a continuidade no deslocamento para nordeste (Figura 5.1.2.2-21), como descrito por Schmid et al. (1995).

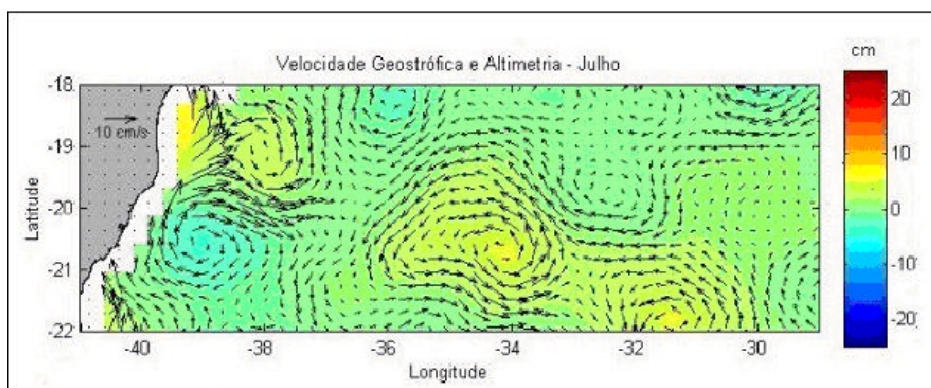


Figura 5.1.2.2-19: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de julho.

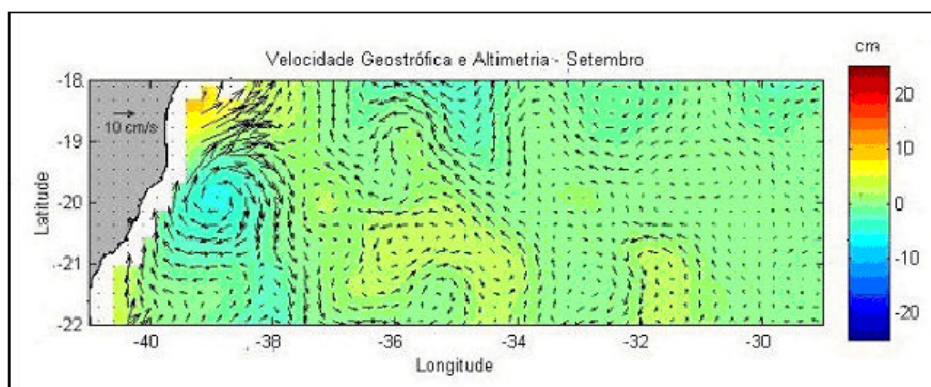


Figura 5.1.2.2-20: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de agosto.

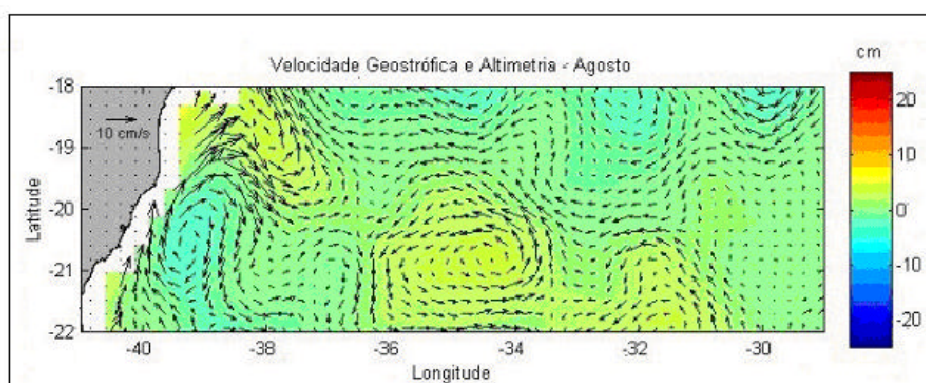


Figura 5.1.2.2-21: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de setembro

Primavera: Em Outubro o vórtice ciclônico encontrado nas proximidades da longitude de 39°W está mais ao sul do que no mês anterior (Figura 5.1.2.2-22). O mês de Novembro apresenta um enfraquecimento e deslocamento para leste do vórtice ciclônico. Novamente percebe-se outro vórtice ciclônico com núcleo localizado acima da latitude de 20°S e na longitude de 36°W (Figura 5.1.2.2-23). Na média de Dezembro observa-se, à norte, a formação de vórtice anti-ciclônico, provavelmente devido à influência da CB. Há presença de outro vórtice anti-ciclônico em torno da longitude de 34°W que também foi observado na média do mês de janeiro. O vórtice de Vitória continua sendo observado, mas a intensidade é bem pequena (Figura 5.1.2.2-24).

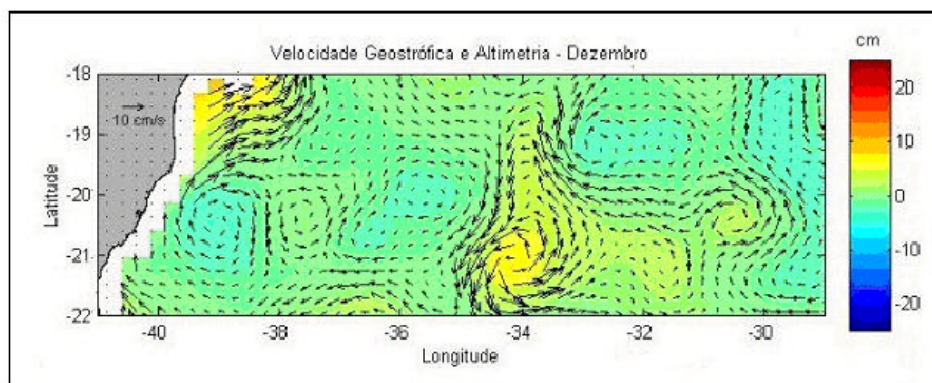


Figura 5.1.2.2-22: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de outubro

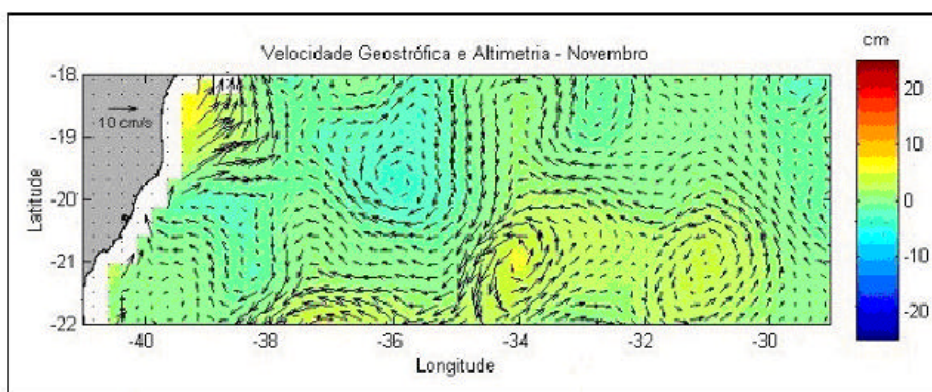


Figura 5.1.2.2-23: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de novembro

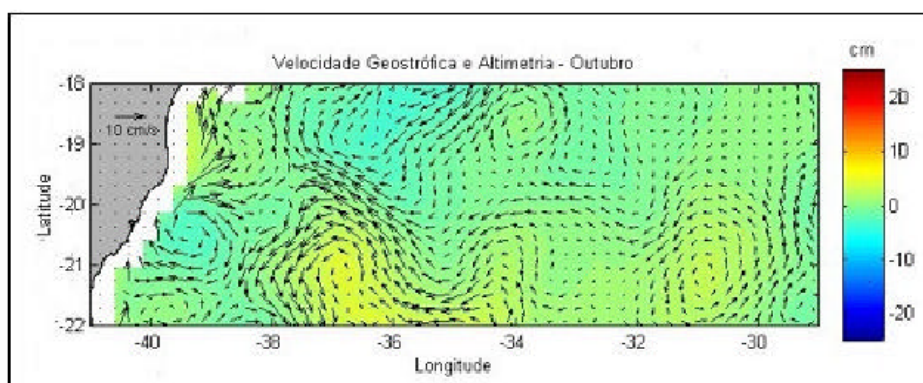


Figura 5.1.2.2-24: Média de Velocidade geostrófica (cm/s) e altimetria (cm) para o mês de dezembro

Para se estudar as correntes de maré atuantes na região foram levantados dados do BNDO da DHN e constatou-se a existência de poucos dados de correntometria disponíveis. Existem apenas quatro pontos fora da Baía de Vitória, que foram utilizados no presente trabalho. A Tabela 5.1.2.2-5 apresenta as estações nas quais foram coletados dados de corrente, com suas respectivas posições e períodos das séries amostradas.

Tabela 5.1.2.2-5: Estações na área de estudo com dados de correntometria disponibilizados pelo BNDO - DHN e respectivas coordenadas e períodos de observação.

ESTAÇÃO	Nº. BNDO	LATITUDE	LONGITUDE	PERÍODO	PROFUNDIDADE
1400428	P1	-20.9738°	-40.7633°	11/10 -12/10/78	0 e 13 m
1400719	P2	-20.5196°	-40.2003°	05/06 - 06/06/78	0, 15 e 31 m
2154638	P3	-19.7838°	-39.7095°	28/08 - 11/10/92	8 m

As estações de coleta são referidas como P1, P2, P3 e P4 e são plotadas na figura a seguir.

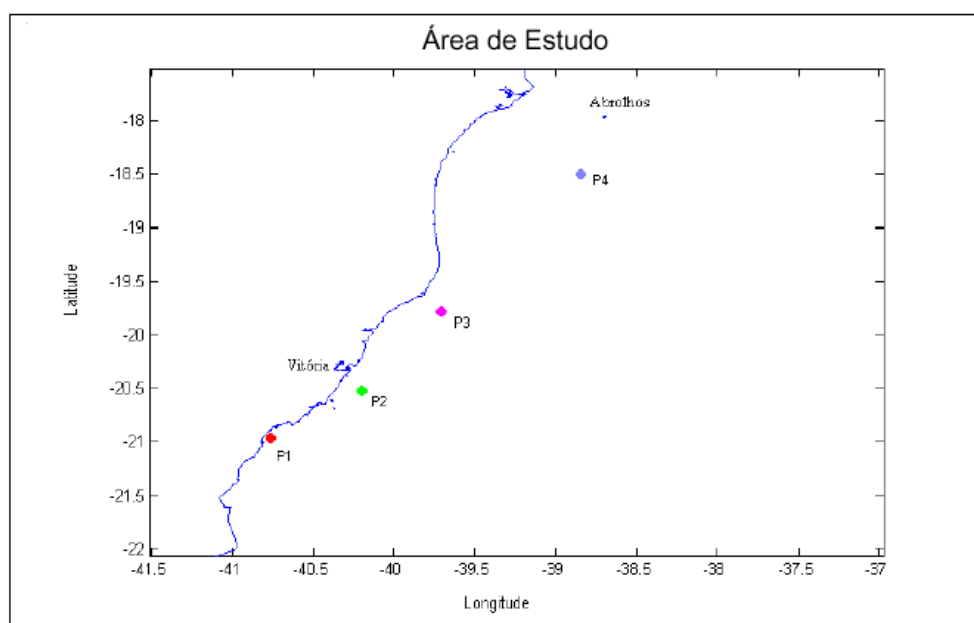


Figura 5.1.2.2-25: Pontos com registros de correntometria fornecidos pelo BNDO, localizados na área de estudo.

O ponto P1 é o que se encontra mais próximo a área de interesse e, portanto, este trabalho vai ater-se a ele. Sua taxa de amostragem foi a cada 1 hora sendo coletados dados de corrente em superfície e a 13 metros de profundidade (fundo), durante os dias 11 e 12 de outubro de 1978. Os gráficos com os vetores de corrente na superfície (em vermelho) e a 13 m (em azul) são mostrados nas Figuras 5.1.2.2-26 e 5.1.2.2-27, respectivamente. Em cada figura é apresentada a representação em rosa de direções e de vetores para cada observação no tempo. A Figura 5.1.2.2-28 mostra o espectro de energia por frequência (ciclos por hora), da intensidade da corrente medida no ponto P1.

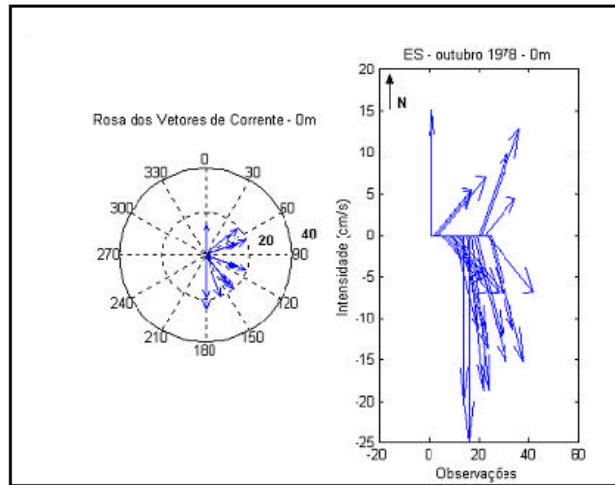


Figura 5.1.2.2-26: Representação dos vetores de corrente superficial no ponto P1, em rosa de direções e vetores no tempo (Direção norte no topo da figura).

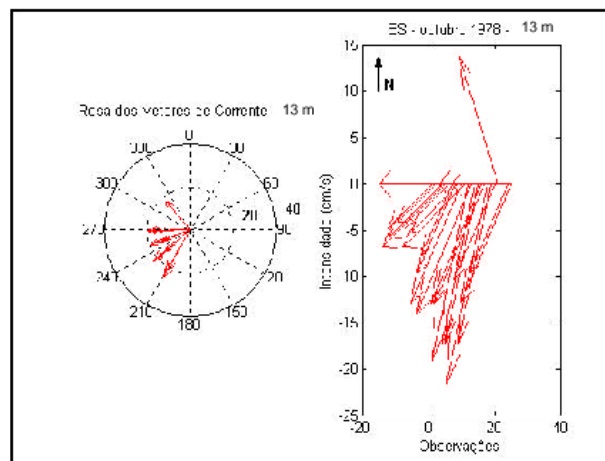


Figura 5.1.2.2-27: Representação dos vetores de corrente a 13m de profundidade no ponto P1, em rosa de direções e vetores no tempo (Direção norte no topo da figura).

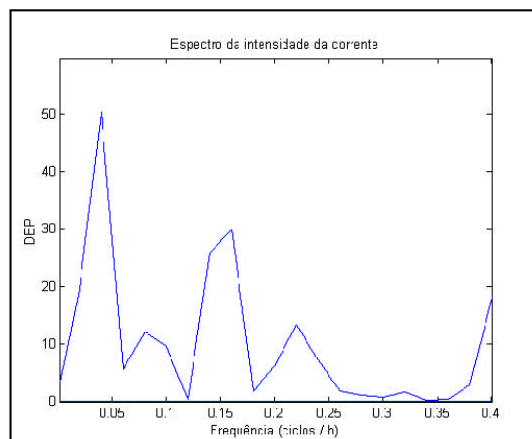


Figura 5.1.2.2-28: Espectro de energia da intensidade de corrente medida no ponto P1.

Observando a Figura 5.1.2.2-28, é possível obter importantes informações a respeito dessas séries. O primeiro pico espectral (em frequência mais baixa) corresponde à, aproximadamente, 0,04 ciclos/h, ou seja, um período de 24 horas. Levando-se em conta que este registro contém 50 amostras (2 dias) e que esta estação é relativamente próxima à costa (Figura 5.1.2.2-25), este período pode ser atribuído à brisa continental. O segundo pico é o de frequência 0,0833, que equivale a um período de 12 horas, ou seja, da maré semi-diurna observada no local. O terceiro pico está localizado na frequência 0,1602, ou período de 6,4 horas

Através das Figuras 5.1.2.2-29, 5.1.2.3-30 e 5.1.2.2-31 as quais apresentam dois dias de medições (ou 50 dados), no Ponto P2, pode-se observar um comportamento com alguma similaridade das correntes superficiais e das correntes de fundo, com direções predominantemente para o sul devido, possivelmente, às forçantes de ventos de NE predominantes nesta região.

Os valores característicos de intensidade e direção são sumarizados nas Tabelas 5.1.2.2-6 a 5.1.2.2-7 e 5.1.2.2-8 abaixo:

Tabela 5.1.2.2-6: Valores característicos para intensidade e direção medidos no ponto P1.

Profundidade	0 m	13 m
Intensidade média	17.73 cm/s	18 cm/s
Direção média	127 ⁰ (~SE)	240 ⁰ (~SW)
Intensidade máxima	25 cm/s	25 cm/s
Direção	-180 ⁰	-210 ⁰
Intensidade mínima	13 cm/s	12 cm/s
Direção	-70 ⁰	-240 ⁰

Tabela 5.1.2.2-7: Valores característicos para intensidade e direção medidos no ponto P2.

Profundidade	0 m	15 m	30 m
Intensidade média	25.70 cm/s	23.7 cm/s	21.7 cm/s
Direção média	186 ⁰ (~S)	218 ⁰ (SW)	178 ⁰
Intensidade máxima	36 cm/s	31 cm/s	31 cm/s
Direção	-240 ⁰	-240 ⁰	-250 ⁰
Intensidade mínima	15 cm/s	14 cm/s	10 cm/s
Direção	-150 ⁰	-190 ⁰	-190 ⁰

Tabela 5.1.2.2-8: Valores característicos para intensidade e direção medidos no ponto P3.

Profundidade	8 m
Intensidade média	21.3 cm/s
Direção média	203 ⁰ (~S)
Intensidade máxima	58 cm/s
Direção	-300 ⁰
Intensidade mínima	2 cm/s
Direção	-180 ⁰

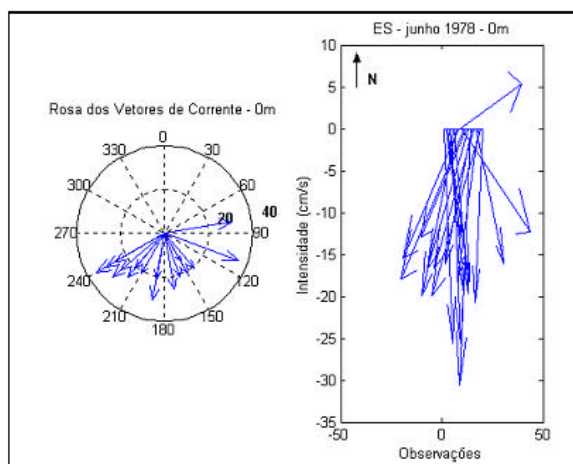


Figura 5.1.2.2-29: Representação dos vetores de corrente superficial no ponto P2, em rosa de direções e vetores no tempo (Direção norte no topo da figura).

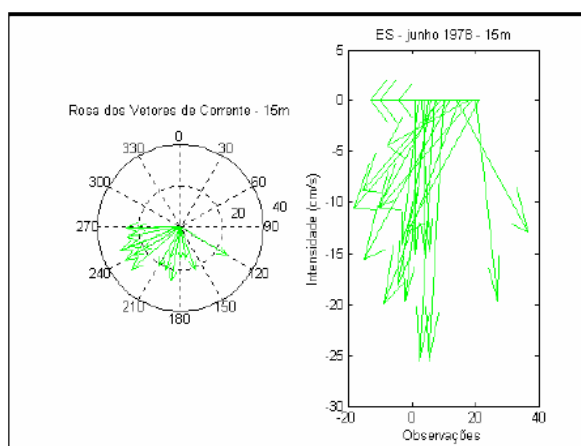


Figura 5.1.2.2-30: Representação dos vetores de corrente a 15m de profundidade no ponto P2, em rosa de direções e vetores no tempo (Direção norte no topo da figura).

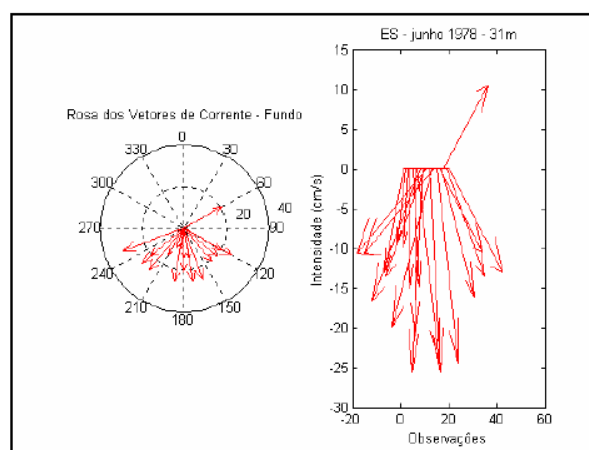


Figura 5.1.2.2-31: Representação dos vetores de corrente a 31m de profundidade no ponto P2, em rosa de direções e vetores no tempo (Direção norte no topo da figura).

◆ BACIA DE CAMPOS

A área de estudo encontra-se na Baía de Campos ao largo de uma região que apresenta inflexão da linha de costa e, portanto, da plataforma continental. Esta situação geográfica proporciona ser área sujeita a grande variabilidade hidrodinâmica tanto verticalmente (ressurgência / subsidência) quanto horizontalmente (variações no núcleo da Corrente do Brasil).

Silva (1973) observou que existem dois tipos de ressurgência. O primeiro, mais sazonal, se processaria pela aproximação da Água Central do Atlântico Sul – ACAS - pelo fundo na região costeira e ascensão em Cabo Frio, vinculado ao afastamento para o largo do núcleo da corrente do Brasil devido ao predomínio do vento "climatológico" de NE e ENE, durante os meses de setembro a abril. Neste período, uma camada de água fria mantém-se quase permanentemente sobre o fundo, a aproximadamente 50 metros.

O segundo tipo é devido à ação continuada e intensa de ventos E e ENE, agora tidos como de caráter sinótico, que proporcionariam por vezes o afloramento, da ACAS, que se aquece, mas mantém sua baixa salinidade. Provavelmente tenha sido este tipo de ressurgência o detectado por Silva Jr. *et al.* (1996) nas proximidades de Vitória – ES e em frente ao Cabo de São Tomé, em julho de 1995, utilizando imagens termais do sensor AVHRR, obtidas a bordo dos satélites da série NOAA.

Em situação de passagem de frentes frias os ventos rodam para N e NW (pré-frontais) e SW, S e SE (pós-frontais). Estes últimos provocam a aproximação, em direção à costa, do núcleo da corrente do Brasil, a submersão de águas frias e o seu deslocamento em direção ao largo, pelo fundo (subsidência).

Silva (1973), delineou o núcleo muito quente (26,2°C) e muito salino (36,9) a 100m do talude, limitado em profundidade pela isoterma de 18°C e isohalina de 36. Este núcleo, em forma de lente, adelgaça-se em direção aos extremos laterais e sobe, por conseguinte, até à plataforma continental. Silva (*op. cit.*) creditou à elevação dessas águas mais frias, menos salinas e mais densas a causa do desnível dinâmico responsável pela corrente do Brasil, que possui valor máximo de velocidade na região de maior ascensão das isotermas profundas, ou seja, sobre a borda da plataforma continental.

Garfield (1990), ao analisar a corrente do Brasil entre 20° e 31°S, através da utilização de imagens de satélite e dados hidrográficos obtidos junto à Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN/MM); concluiu que, de forma geral, ela transporta menos do que 20 Sv, sendo, por isso, considerada corrente de pequeno porte se comparada às de limite oeste no hemisfério norte.

Constatou, ainda, que a borda costeira da corrente está geralmente associada à quebra da plataforma continental, representada pela isóbata de 200 metros. No entanto, observou que ao norte do Cabo Frio, o posicionamento médio da borda lateral ultrapassa a quebra da plataforma em direção à costa. Já a oeste do Cabo Frio a corrente se move "meandrando" para o largo e crescendo, podendo desenvolver vórtices frios que se encaminham para sul, encaixados na corrente. Este mesmo comportamento foi verificado a leste do cabo de São Tomé sendo que, em ambas localidades, tanto o desvio padrão quanto a variação da borda lateral da corrente, mostraram aumentos significativos que indicam instabilidade potencial da corrente nesta região associada pelo autor, fundamentalmente, à brusca mudança na direção da quebra da plataforma.

Um modelo numérico com o intuito de estudar a resposta da ressurgência de Cabo Frio à passagem de frentes frias foi desenvolvido por Lorenzetti & Tanaka (1990) utilizando modelo conceitual de frentes frias que afeta a circulação costeira sudeste brasileira, desenvolvido por Stech (1989, *apud* Lorenzetti & Tanaka, *op. cit.*).

Com relação ao campo de corrente, a aplicação do modelo mostrou que quando a frente fria se localiza entre a baía de Guanabara e Cabo Frio, um jato costeiro desenvolve-se desde o cabo de São Tomé até oeste do Cabo Frio, desintensificando-se rapidamente a medida que se aproxima da baía de Guanabara. Observa-se, também, a norte do cabo Búzios e próximo à costa, uma contracorrente fluindo para nordeste.

Com a frente localizando-se na altura da cidade de Macaé-RJ, obtém-se um fluxo de corrente em direção à costa entre a baía de Guanabara e Cabo Frio, compensado por um fluxo em direção ao largo na camada inferior; e o desenvolvimento de uma célula de circulação ciclônica a norte do cabo Búzios.

Com a passagem da frente pela área investigada pelos autores, em 2,63 dias, observa-se fluxos de correntes paralelos à costa, um do cabo de São Tomé ao norte do cabo Búzios, e outro da baía de Guanabara até ao sul do Cabo Frio, ambos convergindo ao largo de Cabo Frio e desviando para sudeste.

O jato costeiro indicado pelo modelo, localizado na região aqui investigada, pode ser resultado da atuação de ventos NE, que provocariam corrente de deriva naquela direção.

Nas Figuras 5.1.2.2-32 e 5.1.2.2-33 são apresentados os resultados dos lançamentos de 700 corpos-de-deriva realizado por Tommasi (1994), 100 em cada um dos pontos nas referidas figuras localizados, no inverno de 1991 e inverno de 1992, respectivamente. Tais recuperações estavam associadas, em sua maioria, às estações mais próximas à costa (pontos de lançamento 1,2 e 3).

Podemos observar através das citadas figuras, claras diferenças nos padrões de circulação costeira na mesma estação do ano. No inverno de 1991, os derivadores lançados das estações mais costeiras rumaram para sul, dirigindo-se, em sua maior parte, para a ilha de Cabo Frio com alguns circundando-a. Este comportamento indica que os derivadores estavam sob a influência da corrente de Deriva Costeira de NE. Os corpos-de-deriva lançados das estações mais ao largo tiveram fluxo condizente com o da corrente do Brasil, de nordeste para sudoeste. Já os derivadores lançados das estações mais próximas à costa no inverno de 1992, se dirigiram totalmente para o norte circundando o cabo de São Tomé, provavelmente associados à atuação de frentes frias. As estações de lançamento mais ao largo continuaram, de forma não tão nítida, a fluir de NE para SW, com alguma colaboração para o fluxo costeiro observado neste ano.

A carência de informações relativas aos limites de atuação da corrente do Brasil e da corrente de Deriva de NE faz com que consideremos as duas conjuntamente. No entanto, através da bibliografia consultada, observa-se que, conforme a atuação ou não de frentes frias, uma e outra corrente poderão conduzir a um fluxo de norte para sul, sobre a plataforma continental da região em investigação.

Sem a influência de frentes frias, uma circulação costeira mais intensa, representada pela corrente de Deriva de NE, se processa de norte para sul (Lorenzetti & Tanaka, 1990).

Com a atuação de frentes frias, apesar do fluxo mais próximo à costa inverter-se, a corrente do Brasil, de fluxo geral norte-sul, tende a se aproximar das regiões mais rasas (Silva, 1973).

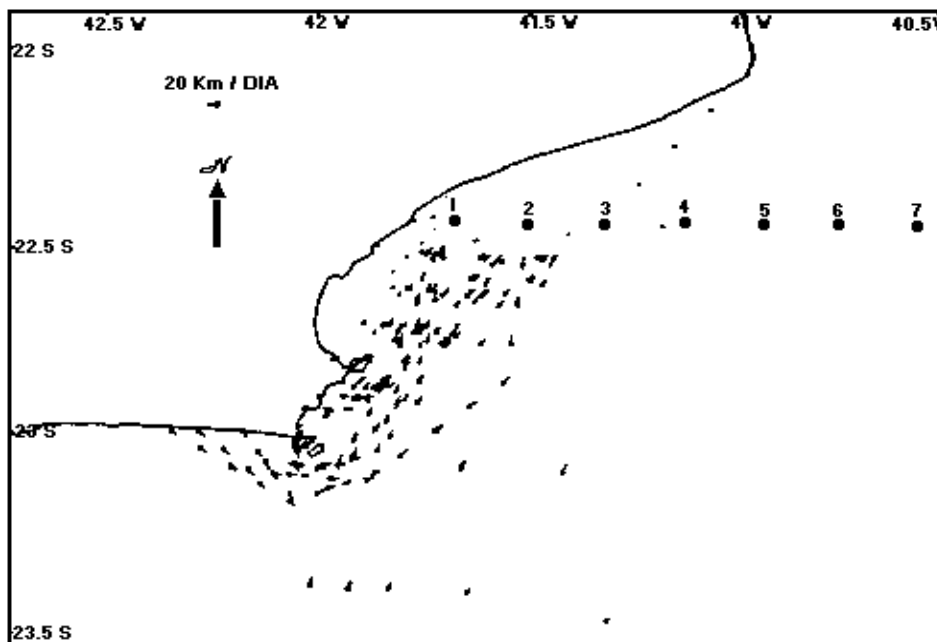


Figura 5.1.2.2-32: Estações de lançamento e rotas dos derivadores próximo à área em investigação, no inverno de 1991. Observa-se fluxo superficial de norte para sul, tanto costeiro quanto ao largo. Estão, assim, sob a influência da corrente de deriva costeira de NE gerada por ventos de mesma direção, e descrita por Lorenzetti & Tanaka (1990).

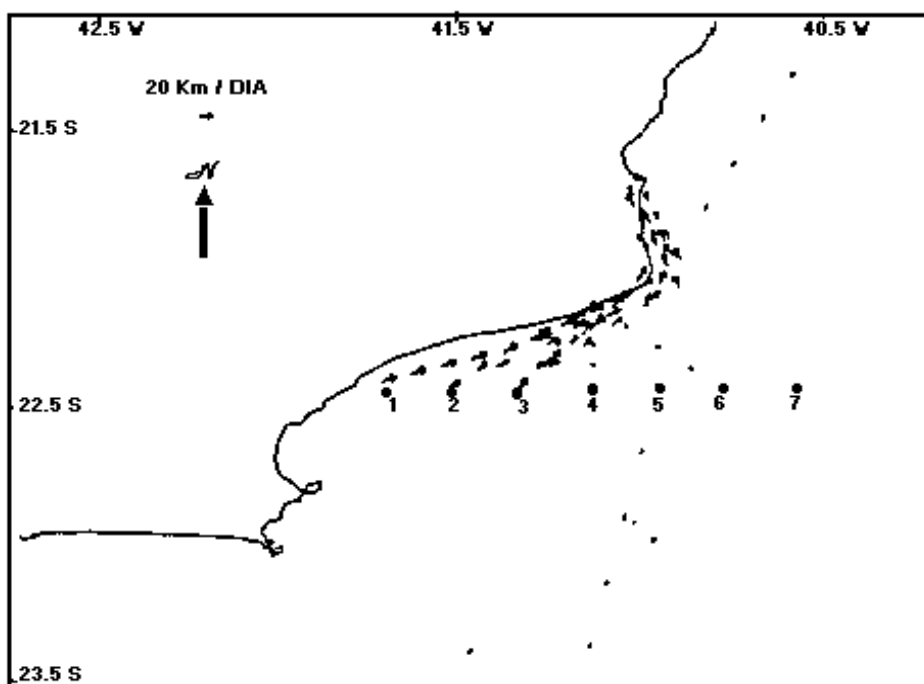


Figura 5.1.2.2-33: Estações de lançamento e rotas dos derivadores próximo à área em investigação, no inverno de 1992. Situação contrária à do ano anterior, com os corpos de deriva rumando para norte dos pontos de lançamento, principalmente próximo à costa, indicando estarem sob a influência de frentes frias. (Fonte: Prog. Monit. Amb. Oc. Baía de Campos, RJ – PETROBRÁS).

Informações sobre a circulação junto ao fundo nas proximidades da área em estudo foram obtidas de 4 correntômetros posicionados a 2 metros do substrato (Lima, 1997). A localização geográfica das estações se encontram na Figura 5.1.2.2-34, e sua identificação, profundidade e tempo de aquisição, na Tabela 5.1.2.2-9.

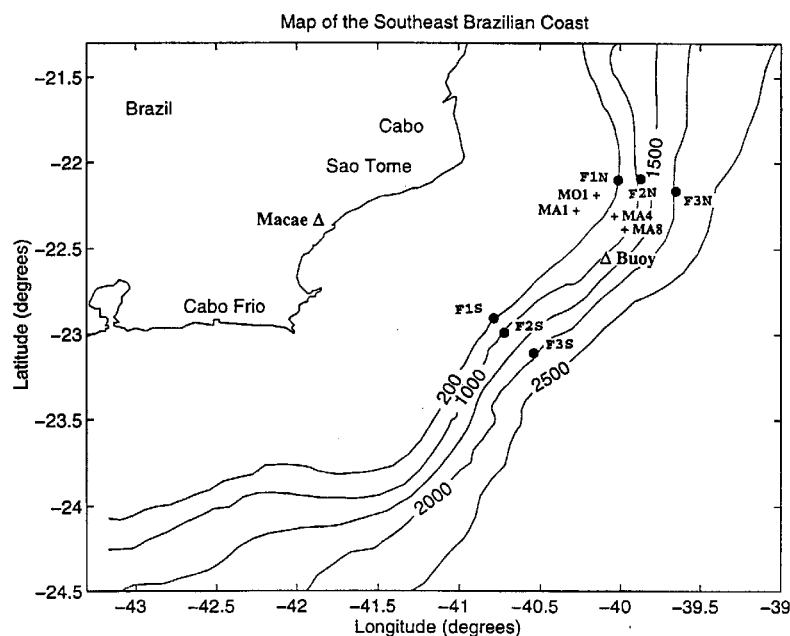


Figura 5.1.2.2-34: Localização geográfica dos pontos de coleta de informações correntométricas junto ao fundo (+), dos pontos de fundeio para correntometria na massa d'água (•), e das estações meteorológicas (Δ). (FONTE: Lima, 1997).

Tabela 5.1.2.2-9: Estações de correntometria junto ao fundo com a profundidade e localização na fisiografia, e período de aquisição.

ESTAÇÃO	PROFUNDIDADE - LOCALIZAÇÃO	TEMPO DE AQUISIÇÃO
MA1	100 metros - plataforma continental externa	jul-92 a jan-93
MO1	110 metros - quebra da plataforma	jul-92 a ago-93
MA4	450 metros - talude superior	jul-92 a ago-93
MA8	800 metros - talude médio	out-92 a nov-92

A distribuição dos dados brutos obtidos em gráficos radar (Figura 5.1.2.2-35) permite observar, na plataforma continental externa (b), fluxos dominantes para oeste (em direção à costa), e para leste (em direção ao largo), portanto relativamente oblíquos à orientação do fundo, com predominância de velocidades até 20 cm/s e, extremamente, encontrando-se fluxos superiores a 40 cm/s. A maior frequência de pontos no hemisfério norte indica predominância de correntes conduzindo águas de fundo de sul para norte.

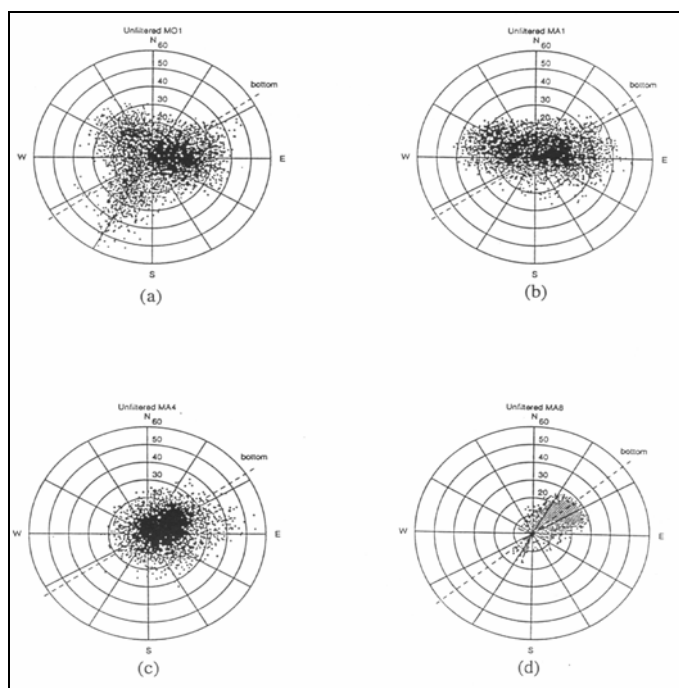


Figura 5.1.2.2-35: Gráficos-radar das aquisições correntométricas obtidas junto ao fundo, sendo a diagonal tracejada correspondente à sua orientação. (Fonte: Lima, 1997).

Na quebra da plataforma (a) continua-se a perceber fluxos com velocidades similares em direção à costa e ao largo, no entanto numa posição mais perpendicular à orientação do fundo, bem como a existência de fluxos que chegam próximos a 60 cm/s para sul-sudoeste, tornando a dispersão dos pontos mais centralizada. Em ambos os pontos, portanto, são verificadas alternâncias entre correntes ascendentes (em direção à costa) e descendentes (em direção ao largo) com clara relação, segundo Lima (*op. cit.*), com o regime de ventos de nordeste e correntes ascendentes, e ventos de sudoeste – frentes frias – e correntes descendentes. Na quebra da plataforma, adiciona-se a influência sobre o fundo da Corrente do Brasil, de fluxo dominante para sul-sudoeste.

No talude superior encontra-se maior frequência de fluxos inferiores a 20 cm/s com raros superiores a 50 cm/s, em sua maioria dispostos paralelos a orientação do fundo e para nordeste. No talude médio, apesar do pouco período de aquisição, nota-se o mesmo comportamento verificado no talude superior, no entanto com fluxos que não excedem 30 cm/s.

Para verificação dos fluxos na coluna d'água recorreremos novamente a Lima (1997), que utilizou as informações recolhidas de 6 linhas de fundeio de correntômetros, dos quais 3 se encontram próximos à área em estudo (Figura 5.1.2.2-36), além das 4 séries temporais de correntes junto ao fundo relatadas anteriormente, perfilagens em sessões de CTD durante os experimentos, imagens de Temperatura Superficial do Mar – TSM obtidas do sensor AVHRR acoplado em satélite da série NOAA, e dados meteorológicos obtidos de bóia e da estação meteorológica do aeródromo de Macaé; com o intuito de estudar a circulação oceânica sobre a quebra da plataforma e talude continental próximos à latitude 22°S. Na tabela 5.1.2.2-10 encontram-se as estações, colunas d'água, profundidades dos correntômetros e as durações das aquisições de interesse.

Tabela 5.1.2.2-10: Coluna d'água, profundidades e período de aquisição das linhas de fundeio dos correntômetros aqui investigados. (FONTE: Lima, 1997).

ESTAÇÃO	COLUNA D'ÁGUA (M)	PROF. (M) DOS CORRENTÔMETROS	PERÍODO DE AQUISIÇÃO
F1N	200	50, 100 e 200	mai-94 a mai-95
F2N	1000	50, 100, 350, 500 e 1000	fev-94 a mai-95
F3N	3000	50, 100, 350, 500, 1000 e 2000	mai-94 a mai-95

A Figura 5.1.2.2-36 apresenta os resultados, após tratamento dos dados, das correntes ao longo da plataforma (positivas para norte) e transversais à mesma (positivas para leste), a 50 metros em todas as linhas de fundeio (*a*, *b* e *d*), a 500 metros em F2N e F3N (*c* e *e*), e a 1000 metros de profundidade em F3N (*f*). Nota-se, a 50 metros de profundidade em todas as linhas de fundeio, a preponderância de fluxos mais freqüentes e intensos para sul (linhas reforçadas), indicativos da atuação da Corrente do Brasil. Geralmente as intensidades são maiores em F1N indicando maior hidrodinâmica desta corrente junto à quebra da plataforma, conforme antes verificado por Silva (1973).

Com relação aos fluxos transversais, F1N se apresenta com intensidades de maior amplitude e freqüência de fluxos para leste de maio a dezembro de 1994, sendo notável a inversão deste comportamento entre julho até meados de agosto, provavelmente associado a ocorrência de frentes frias que “empurram” a Corrente do Brasil em direção ao largo. Do final de agosto a início de setembro, a forte inversão de fluxos aponta para a ocorrência de ressurgência. De dezembro a maio de 1995, embora os fluxos sejam preponderantes para leste e mais intensos do que o período anterior (com exceção de meados de agosto a setembro), são similares aos encontrados em F2N, e ambos menos intensos do que os fluxos obtidos em F3N. Nesta época do ano, a preponderância, em freqüência e intensidade de ventos de nordeste, favorecem o fenômeno da ressurgência (Silva, *op. cit.*). Em F2N e F3N, de agosto a dezembro de 1994, os fluxos se apresentam comparativamente menos intensos e distribuídos, a grosso modo, para leste e oeste.

A 500 metros, em F2N e F3N, bem como a 1000 de profundidade em F3N, observa-se, ao contrário das águas mais superficiais, a preponderância de fluxos para norte que decrescem em intensidade, tanto em relação ao distanciamento da costa, quanto em profundidade.

Com relação à componente transversal à costa, a 500 metros de profundidade, em F2N são verificadas correntes de menores velocidades do que as obtidas ao longo da costa, ligeiramente mais freqüentes para oeste, de maio de 1994 a meados de janeiro de 1995, quando passam a ter maior freqüência e intensidade para leste até o final do experimento. Em F3N componentes com o mesmo grau de intensidade da anterior, porém mais igualmente distribuídas para leste e para oeste, são obtidas até início de dezembro de 1994, e a partir de meados de janeiro de 1995 possui comportamento forma semelhante ao observado, no mesmo nível de profundidade, na F2N. A 1000 metros, de meados de julho a meados de dezembro de 1994, as componentes também se apresentam distribuídas de forma equilibrada para leste e oeste, a partir daí aumentando em intensidade e em freqüência de direções para leste.

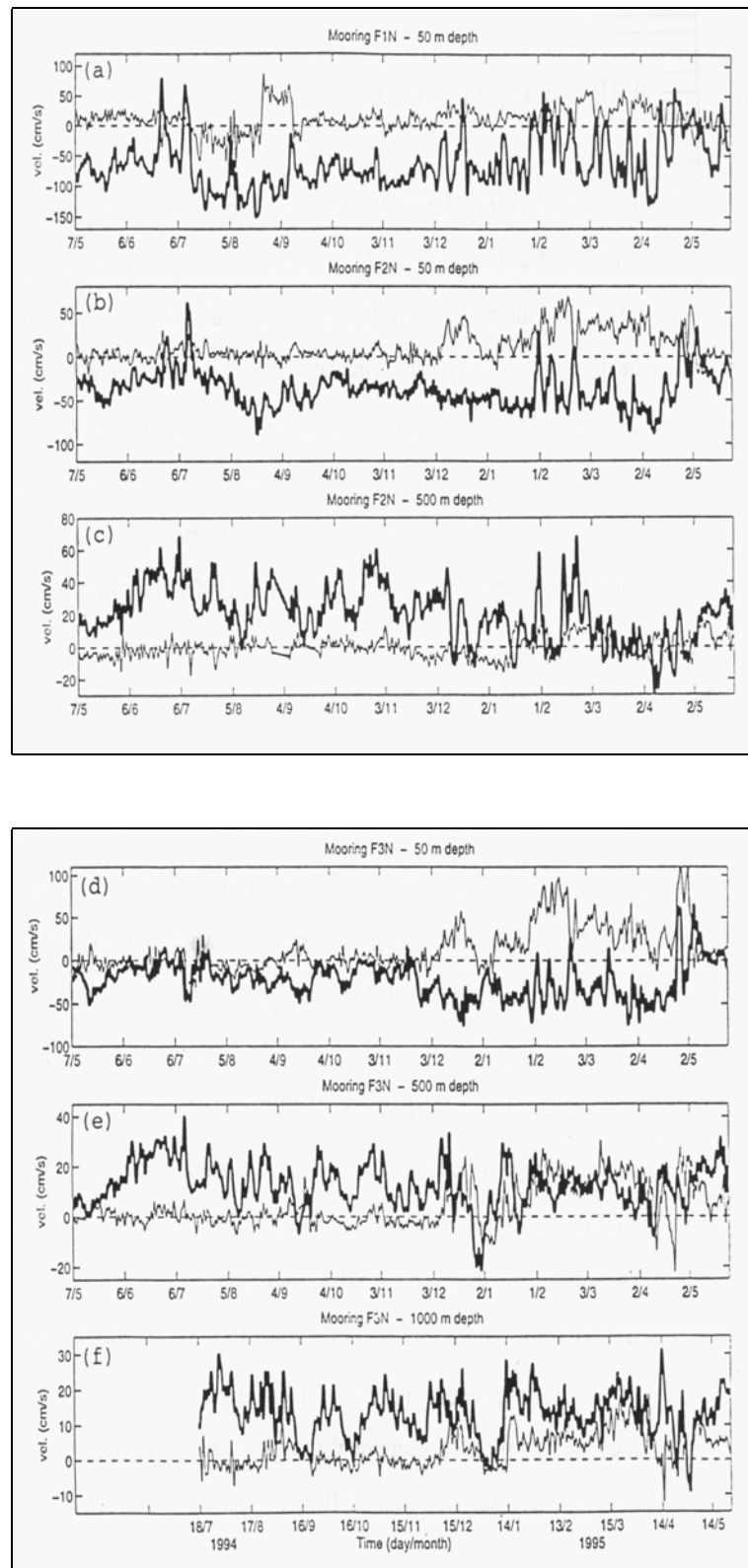


Figura 5.1.2-36: Correntes ao longo da plataforma (positivas para norte) e transversais a mesma (positivas para leste) nas 3 estações de fundeio, a 50, 500 e 1000 metros de profundidade. (Fonte: Lima, 1997).

Assim, podemos sintetizar que a camada mais superficial apresenta fluxos dominantes para sul, evidenciando a Corrente do Brasil em toda a região em investigação, enquanto que as camadas mais profundas, ao contrário, exibem fluxos dominantes para norte.

Lima (*op. cit.*) estimou o volume transportado pelas massas d'água da isóbatas de 100 até 1500 metros sobre o paralelo 22°S. Para a Corrente do Brasil (0-400 metros, aí incluindo a parte superior da ACAS, como observado por Castro (1996) em estudo na plataforma continental norte de São Paulo), obteve volume transportado para sul de $5,5 \pm 2,6$ Sv, muito próximo de cálculos anteriores (Peterson & Strama, 1991, *apud* Castro, *op. cit.*). Já na camada inferior, que contém a outra parte da ACAS, a AIA e a APCS, esta última denominada Contracorrente Intermediária do Brasil, foi obtido transporte para norte de $6,6 \pm 3,5$ Sv.

A análise dos dados primários corrobora o resultado obtido nos estudos apresentados. O levantamento correntométrico foi realizado em macro-escala, de 19/05/2002 a 30/09/2002. As estações são as que constam da Figura 5.1.2.2-37 e as medições foram feitas até a profundidade de 1000m. Estes dados são apresentados nas Figuras 5.1.2.2-38 e 5.1.2.2-39 para superfície e 500m de profundidade, respectivamente. Foram escolhidas estas profundidades por representarem as de ocorrência das massas de água Tropical (AT) e Central do Atlântico Sul (ACAS), respectivamente. Note-se na Figura A a corrente predominante para SW, caracterizando o núcleo da Corrente do Brasil. Na Figura B pode-se observar na porção nordeste o rumo preferencial para SW, sendo este associado ao fluxo da ACAS. Na porção S há uma inversão na direção para SE, seguindo aproximadamente o contorno do talude. Em algumas estações próximas à quebra da plataforma observam-se rumos para W, caracterizando a subida da ACAS pela plataforma e a ressurgência.

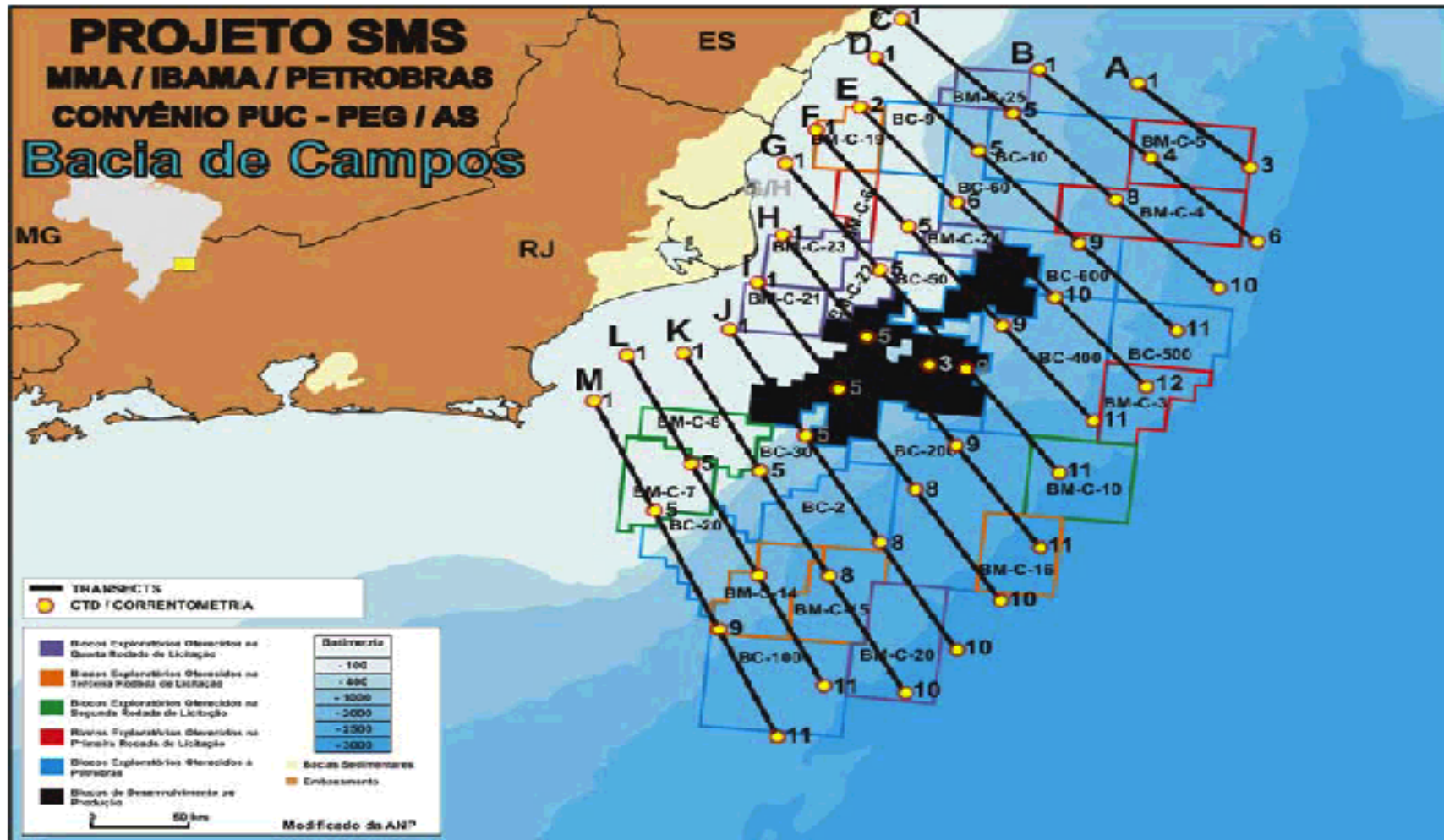


Figura 5.1.2.2-37: Localização dos pontos amostrais de correntimetria
 FONTE: Diagnóstico Ambiental das Bacias do Espírito Santos, Campos e Santos

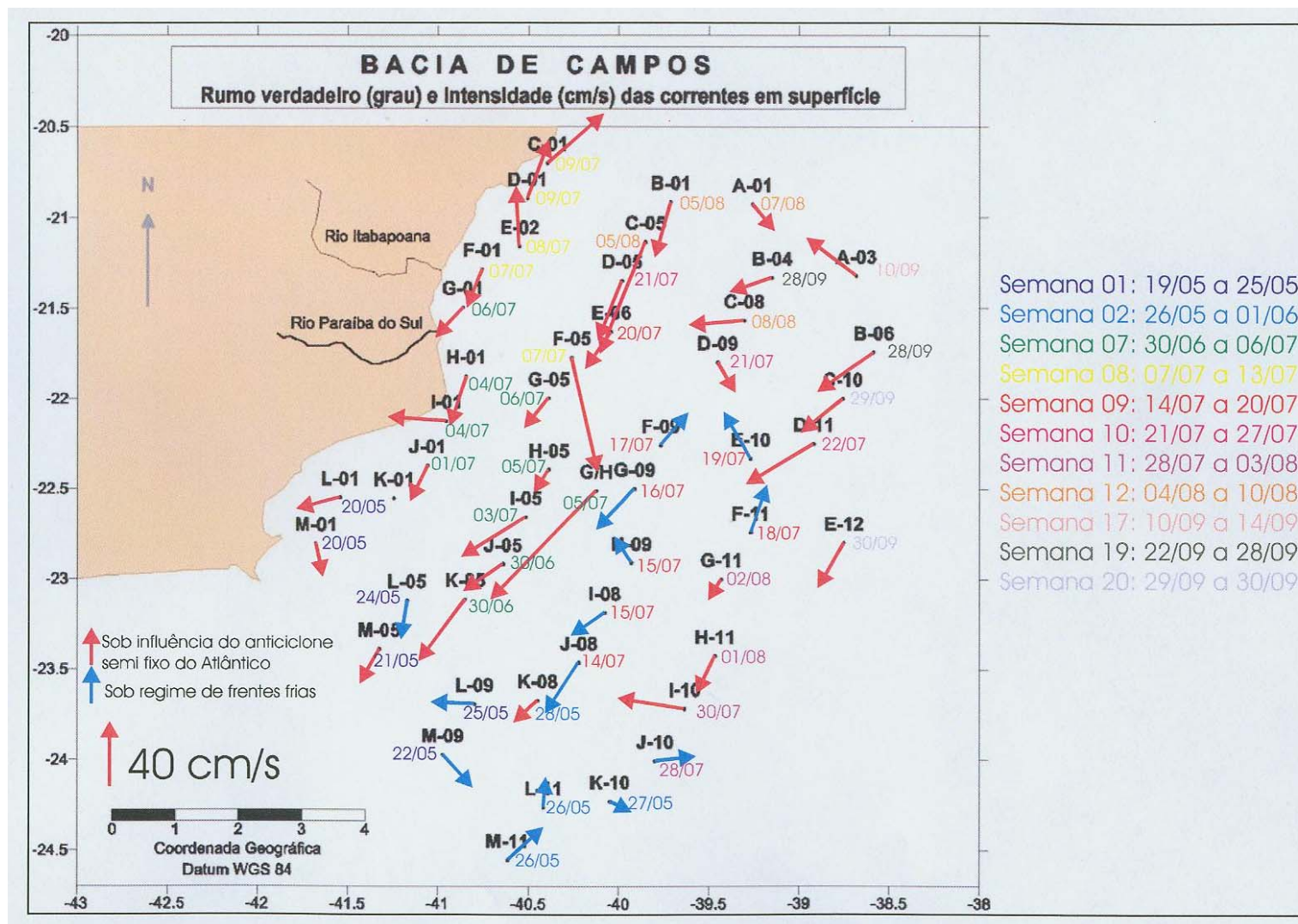


Figura 5.1.2.2-38: Rumo das correntes superficiais das estações realizadas na Bacia de Campos. A seta em vermelho representa a corrente sob o efeito do Anticiclone do Atlântico Sul, enquanto que a azul representa a corrente sob o regime de frentes frias. FONTE: Diagnóstico Ambiental das Bacias do Espírito Santos, Campos e Santos

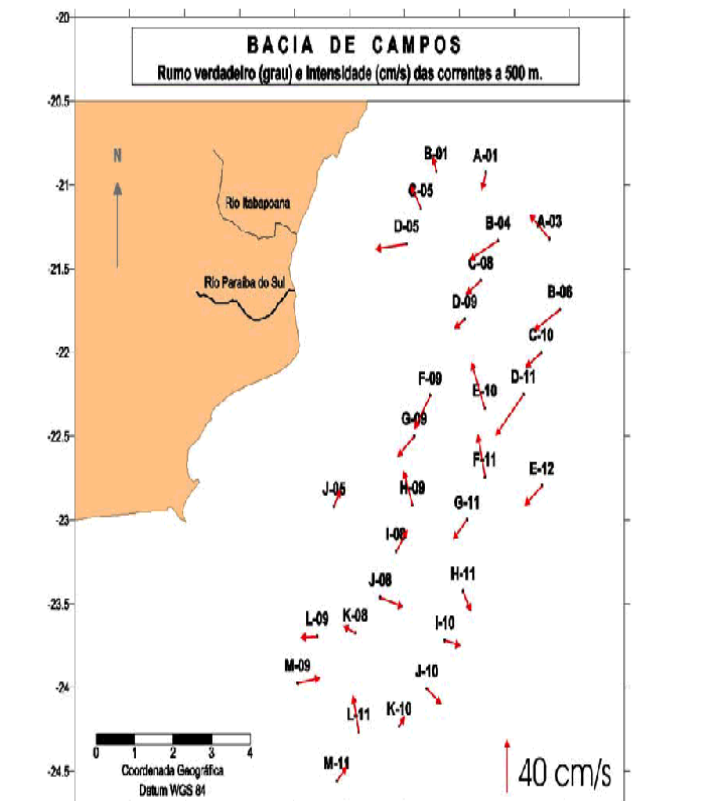


Figura 5.1.2.2-39: Rumo (graus verdadeiros) e intensidade (cm/s) das correntes a 500m na bacia de Campos.
FONTE: Diagnóstico Ambiental das Bacias do Espírito Santos, Campos e Santos.

◆ BACIA DE SANTOS

A circulação da Bacia de Santos foi estudada a partir dos dados e informações referentes a dois Projetos conduzidos pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo - IOUSP em conjunto com outras instituições nacionais e internacionais.

O primeiro foi desenvolvido a bordo do navio alemão FS Victor Hensen, em janeiro de 1991, se constituiu na primeira comissão oceanográfica na região a realizar estudo de alta resolução espacial com CTD para coleta de parâmetros físico-químicos (Campos, 1995), em malha amostral de meso-escala que abrange a parte nordeste da área em estudo (Figura 5.1.2.2-40).

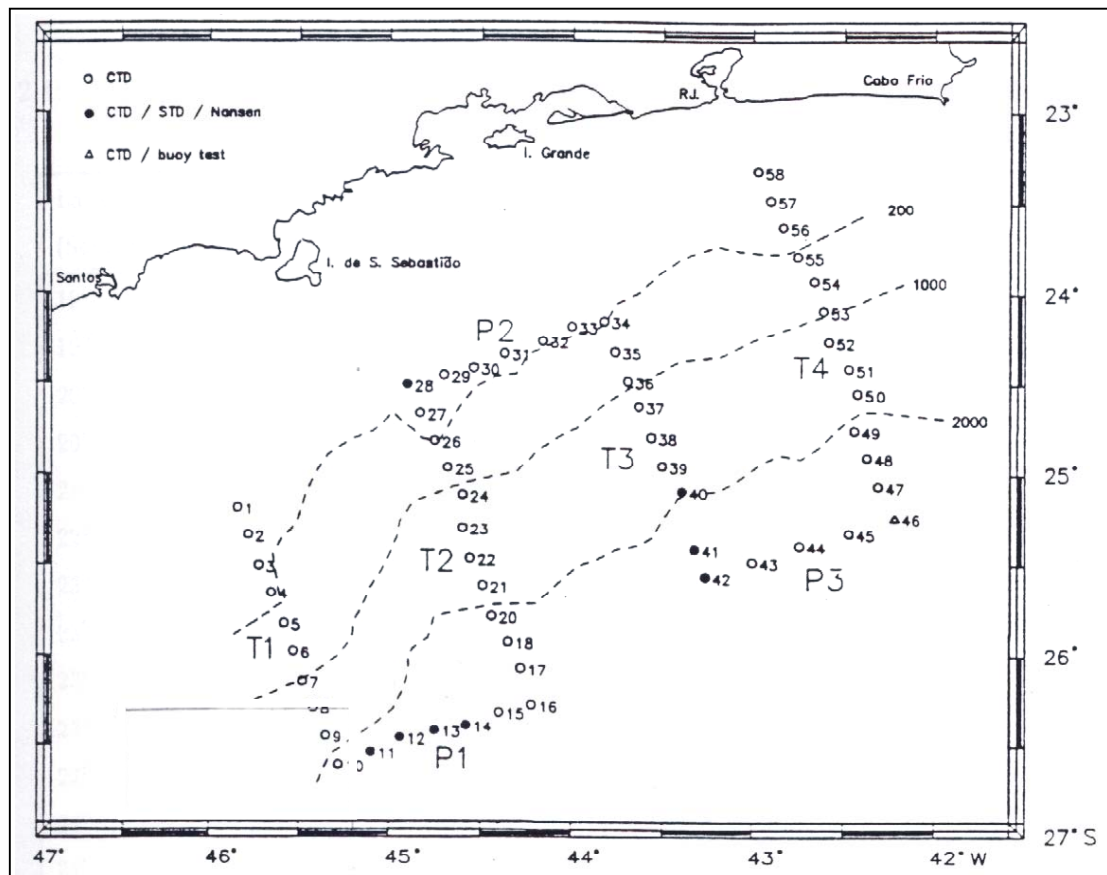


Figura 5.1.2.2-40: Localização das estações oceanográficas do cruzeiro de janeiro de 1991 a bordo do FS Victor Hensen (Campos, 1995).

O segundo projeto, denominado COROAS (Circulação Oceânica na Região Oeste do Atlântico Sul), será abordado no que se refere a hidrografia de meso-escala obtida com a malha amostral apresentada na Figura 5.1.2.2-41, coberta durante 3 campanhas (Campos, 1995), conforme Tabela 5.1.2.2-11.

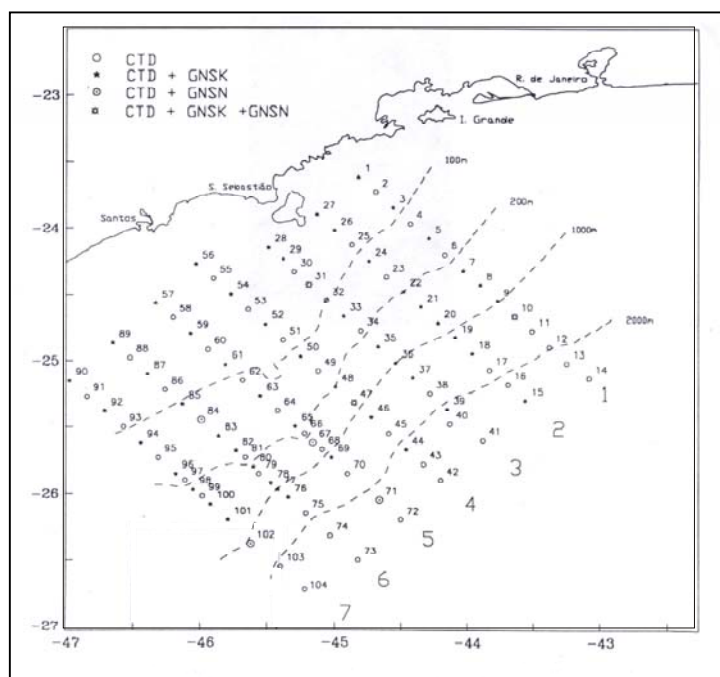


Figura 5.1.2.2-41: Região coberta pelas estações oceanográficas do Projeto COROAS – Hidrografia de Meso-Escala, (Cirano, 1995).

Tabela 5.1.2.2-11: Informações sobre os cruzeiros oceanográficos utilizados na descrição da circulação da camada superficial em meso-escala da Baía de Santos

CRUZEIRO	PERÍODO	Nº DE ESTAÇÕES OCEANOGRÁFICAS	PROFUNDIDADES DA ÁREA (M)
Victor Hensen VHS	15 a 22/01/91	58	100 a <2400
COROAS HM1	25/01 a 08/02/93	107	40 a <2000
COROAS HM2	17 a 29/07/93	97	40 a <2000
COROAS HM3	20 a 29/01/1994	~100	40 a <2000

As informações obtidas do cruzeiro VHS confirmaram estudos anteriormente realizados na região por Caldas (1978) e Matsuura (1986), sobre a existência de meandramentos da Corrente do Brasil (CB) que adentram pela plataforma continental a partir da região sul do estado do Rio de Janeiro para sul, sendo este mecanismo gerado pela mudança na orientação da linha de costa predominantemente N-S a norte para E-W a sul da região de Cabo Frio. O fluxo da CB, em busca da conservação de sua vorticidade potencial, adquire vorticidade relativa negativa com o brusco aumento da profundidade em sua passagem por Cabo Frio, orientando-se para E-W como que procurando a isóbata de 200m com a qual se encontrava em equilíbrio geostrófico. Ao atingir a quebra da plataforma continental o fluxo a ultrapassa, por inércia, invadindo a plataforma continental, adquire vorticidade relativa positiva e altera o fluxo em direção ao oceano profundo (Campos, 1995). Os resultados do cruzeiro VHS reforçam o que já se tinha de conhecimento sobre as características gerais da muito pesquisada região de Cabo Frio, ou seja, o domínio dos primeiros 200m por um fluxo predominantemente para SW de uma água quente e altamente salina (Água Tropical-AT), com este fluxo parecendo permanecer nesta direção até 900m, profundidade máxima alcançada pelo CTD, englobando assim a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que se situou

entre as profundidades de 250 a 750m; e a parte superior da Água Intermediária Antártica (AIA), encontrada abaixo da ACAS, com transporte para sul.

A estrutura termo-halina e os cálculos geostróficos efetuados indicaram a presença de um padrão de meandramento com o vale (parte mais distante da corrente em relação à costa) apresentando o início da formação de um vórtice ciclônico sobre o talude continental, na parte meridional da área, se estendendo da superfície a 500m de profundidade e aparentemente associado ao processo de intrusão da ACAS sobre a plataforma continental – ressurgência (Figuras 5.1.2.2-42, 5.1.2.2-43 e 5.1.2.2-44).

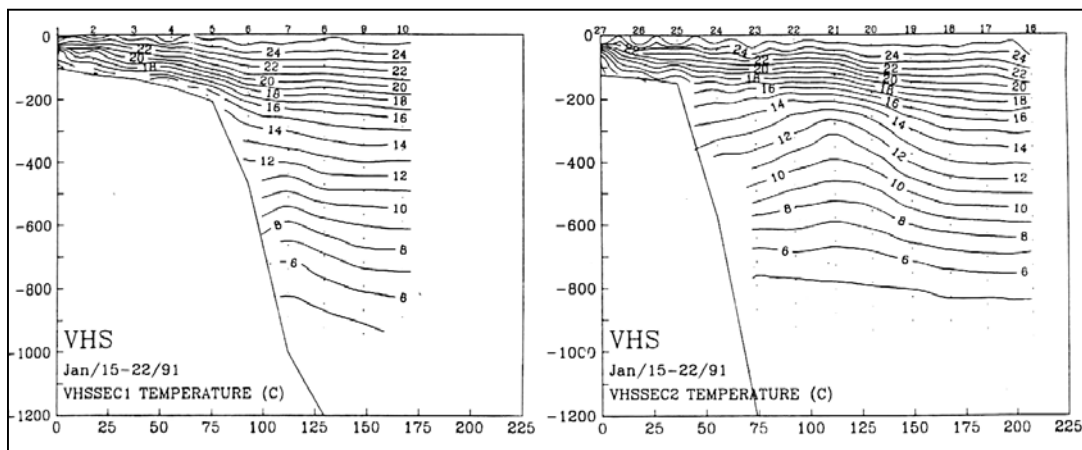


Figura 5.1.2.2-42: Distribuição das isotermas nas seções transversais 1 (esquerda) e 2 (direita). Observar a intrusão de isotermas inferiores a 18°C por sobre a plataforma continental indicativa de ressurgência da ACAS e, na parte central do gráfico da seção 2, o arqueamento para cima das isotermas, mais evidentes entre 200 e 600m de profundidade, sugerindo aí se localizar o núcleo do vórtice ciclônico (Fonte: Campos, 1995).

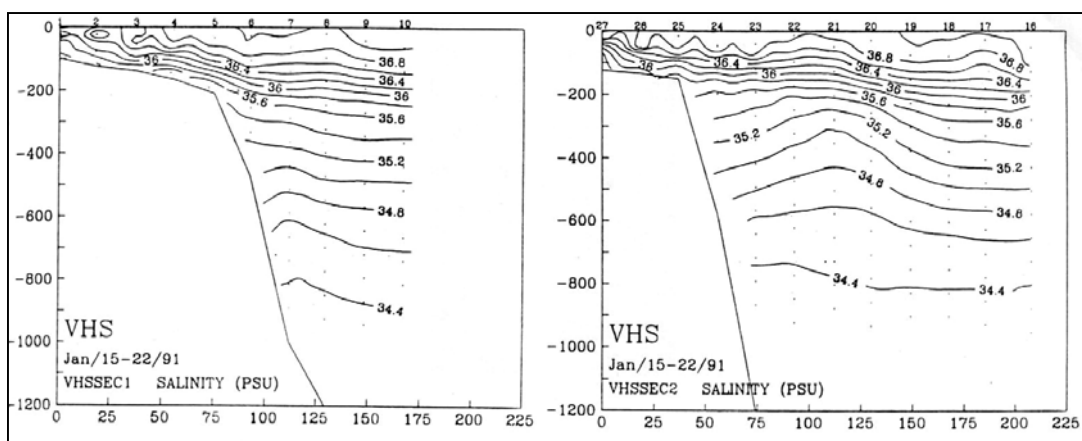


Figura 5.1.2.2-43: Distribuição das isohalinas nas seções transversais 1 (esquerda) e 2 (direita). Observar a intrusão de isohalinas inferiores a 36,4 por sobre a plataforma continental, o que novamente indica ressurgência, e o arqueamento para cima das isohalinas, agora perceptíveis até a superfície, na mesma localidade, isto é, no núcleo do vórtice ciclônico (Fonte: Campos, 1995).

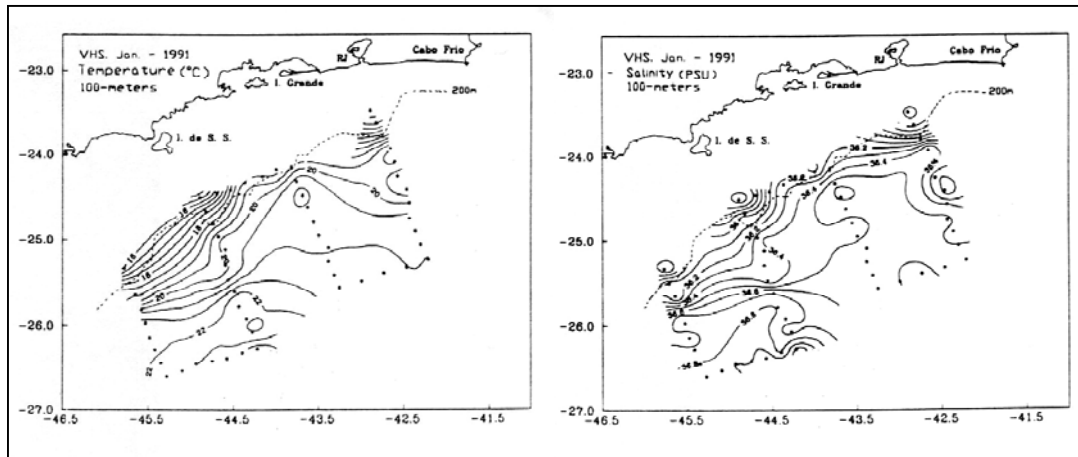


Figura 5.1.2.2-44: Distribuição horizontal da temperatura (esquerda) e salinidade (direita) na profundidade de 100m. Notar o meandramento da CB seguindo as isothermas de 20°C e isohalina de 36,4 nos respectivos gráficos, indícios de ressurgência costeira ao norte, ao longo da seção transversal 4, bem como na seção 2, em frente a ilha de São Sebastião, o aumento do gradiente de temperatura e de salinidade para águas mais frias e menos salinas a norte, e mais quentes e salinas a sul de sua parte central (Fonte: Campos, 1995).

A computação geostrófica em relação aos níveis de referência de 750 e 900 *dbar* foi efetuada e velocidades geostróficas com valores máximos na faixa 0,60-0,70 ms^{-1} foram encontradas (Figura 5.1.2.2-45). Os transportes de volume médio para SW associados aos fluxos geostróficos foram da ordem de 7,3 Sv com referência a 750 *dbar*, e de 8,8 Sv para a referência de 900 *dbar*, coerentes com valores calculados para a região em outros estudos se considerado os níveis referenciais adotados por diversos autores (Campos et al, 1995; Stramma, 1989; Evans & Signorini, 1985; Evans et al, 1983; Hellerman & Rosenstein, 1983; Mellor et al, 1982; Miranda & Castro Filho, 1982; Fu, 1981; Signorini, 1978; Reid et al, 1977).

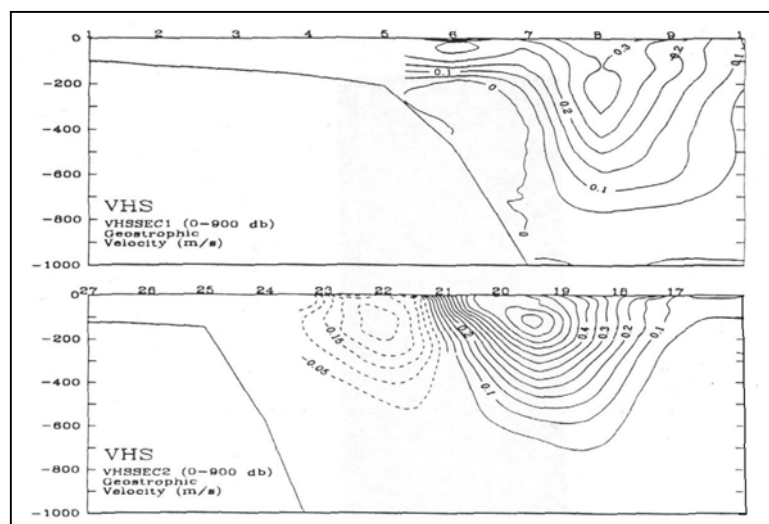


Figura 5.1.2.2-45: Distribuição vertical da velocidade geostrófica relativa a 900 *dbar* ao longo das seções transversais 1 (superior) e 2 (inferior). Linhas sólidas indicam transporte para sul. Observar a circulação ciclônica na seção 2 em concordância com as estruturas de temperatura e de salinidade.

As análises das distribuições da temperatura (T) e da salinidade (S) dos 3 cruzeiros oceanográficos do projeto COROAS corroboram dois aspectos importantes levantados a partir do cruzeiro VHS. O primeiro é que a penetração da ACAS sobre a plataforma continental não parece ser um fenômeno sazonal e, o segundo, o papel fundamental desempenhado pelos vórtices de meso-escala da CB no bombeamento de ACAS para sobre a plataforma continental.

Através da Figura 5.1.2.2-46 é possível verificar o padrão meandrante da CB (perceptível nos perfis de T e, principalmente, de S em todos os níveis até 500m) com a sua crista produzindo sinal de ressurgência costeira na altura da ilha de São Sebastião em direção a sul.

No cruzeiro de inverno (HM2), as situações distributivas da temperatura e salinidade diferenciam-se das encontradas em HM1 e, desde a superfície apresentam estrutura mais complexa (Figura 5.1.2.2-47), com valores de temperatura variando de $<18^{\circ}\text{C}$ a $>23^{\circ}\text{C}$ e a presença bem marcada do meandramento ciclônico da superfície até 500m de profundidade, com sua crista novamente apontando para a região da ilha de São Sebastião. Na parte sul da região, como também observado em HM1 porém de forma não tão evidente, verifica-se bifurcação das isolinhas, bem visível até 100m de profundidade, indicativo de divergência e, por conseguinte, de ressurgência na quebra da plataforma. Reforça, assim, o modelo conceitual proposto por Campos *et al.*(1995) associando a ressurgência da quebra da plataforma com o meandramento da corrente de contorno oeste que, juntamente com a ressurgência provocada pelos ventos, são os fatores responsáveis pelo transporte da ACAS, rica em nutrientes, para zonas mais costeiras .

Outra feição observada é a presença de uma faixa de águas mais frias e menos salinas penetrando por oeste da região pela parte mais costeira, confinada às camadas superficiais sendo percebida até 100m de profundidade.

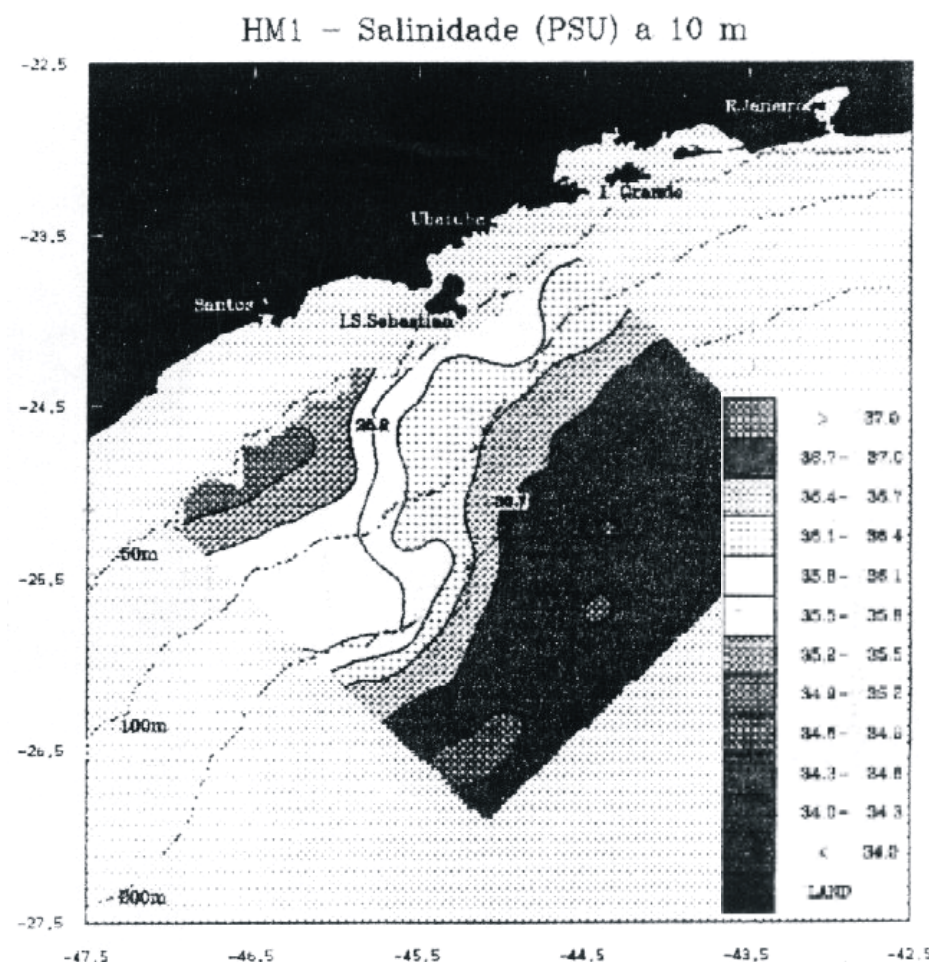
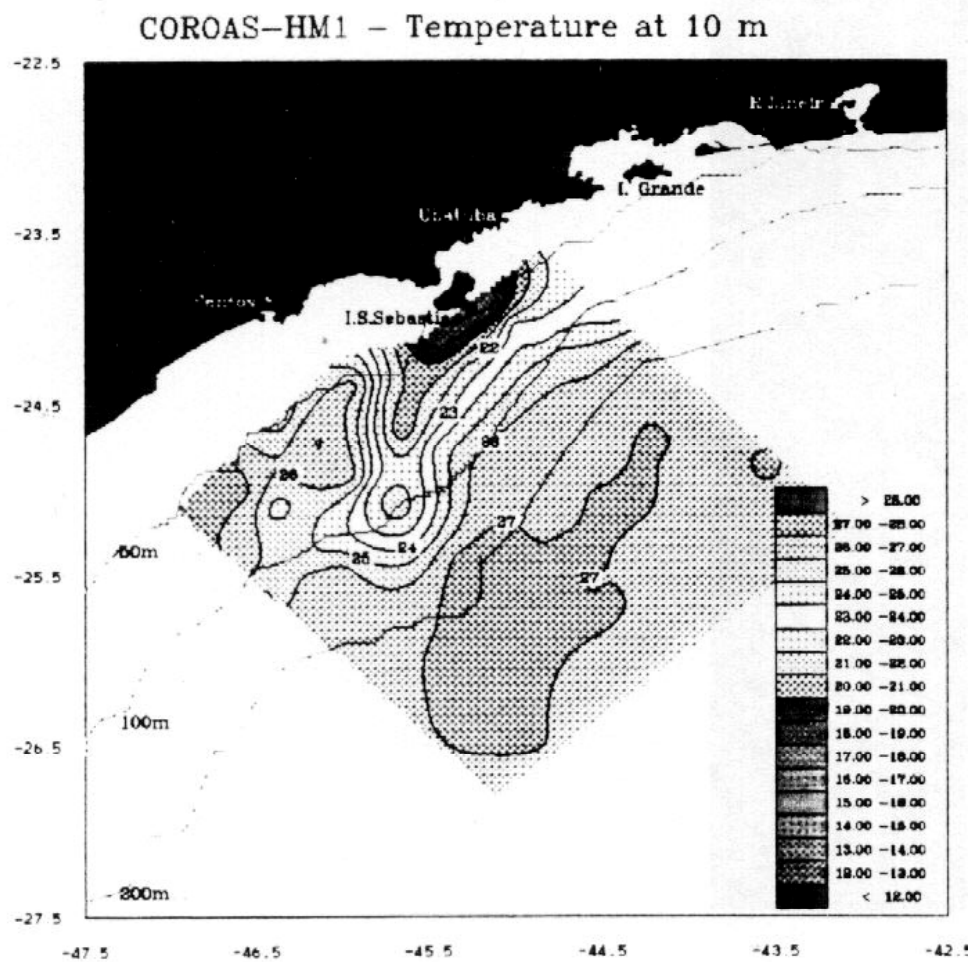


Figura 5.1.2.2-46: Distribuição horizontal da temperatura (esquerda, Fonte: Campos, 1995) e da salinidade (direita, modificado de Cirano, 1995), a 10m de profundidade.

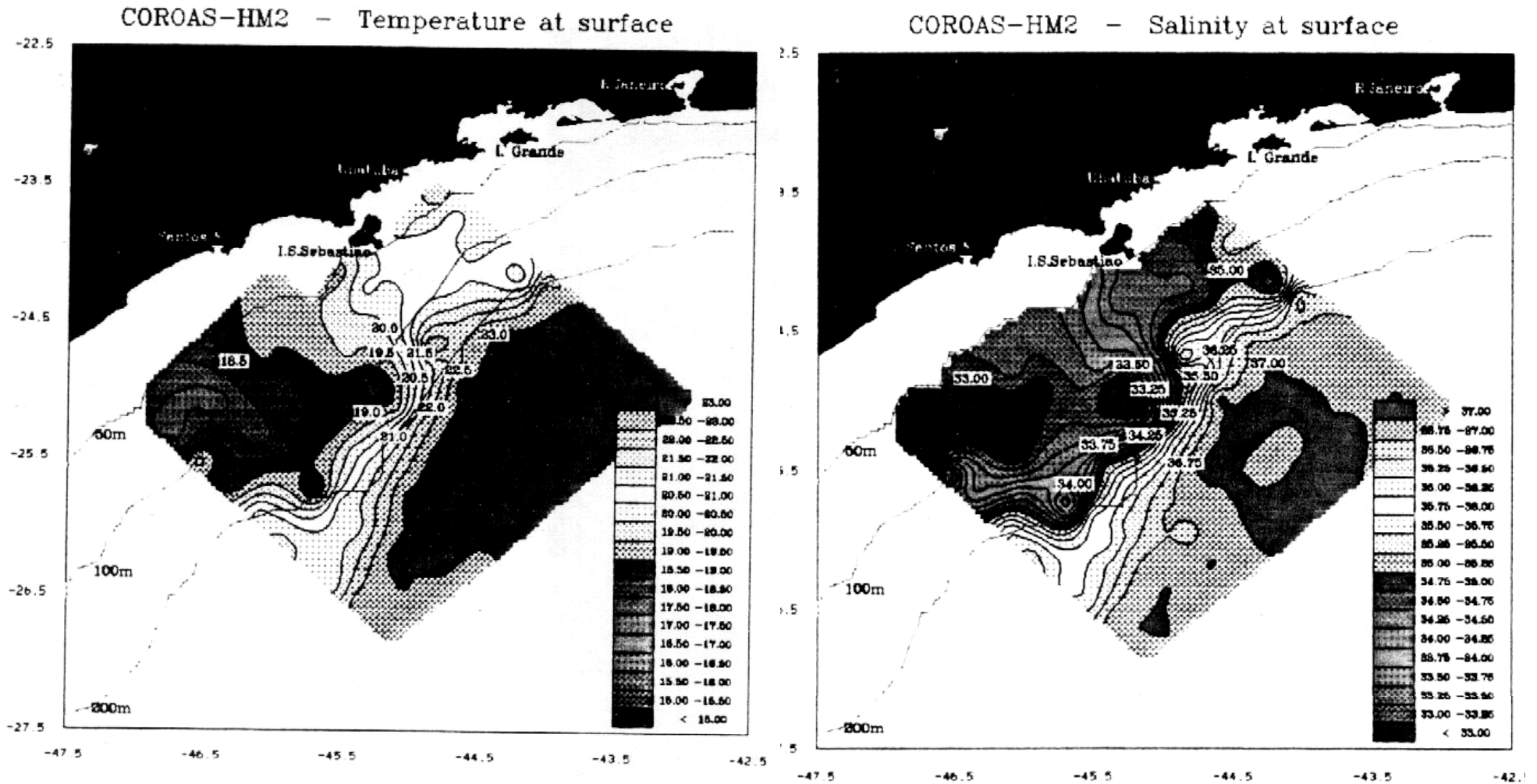


Figura 5.1.2.2-47: Distribuição horizontal da T e S em superfície (Fonte: Campos, 1995)

Campos *et al.*(1996), através de dados hidrográficos, imagens de satélite e trajetórias de derivadores lagrangeanos superficiais lançados no outono de 1992, também como parte do projeto COROAS, mostraram que esta água vem da plataforma continental Argentina, ao sul do estuário do rio da Prata (35°S) com velocidade média de 10,7 cm.s⁻¹, e sugere que esteja associada ao à descarga fluvial daquele rio, ou à água profunda ressurgida próximo à costa.

No entanto a modelagem numérica de Matano *et al.*(1993), forçada por ventos climatológicos na região da confluência das correntes do Brasil e das Malvinas e corroborada por dados altimétricos de satélite, indicam a migração latitudinal sazonal de cerca de 5° da confluência chegando, no inverno, em frente à desembocadura do rio da Prata. Nesta estação ocorre o fortalecimento da corrente das Malvinas e o enfraquecimento da corrente do Brasil na região, o oposto acontecendo no verão o que faz migrar a confluência mais para sul.

Silva Jr. *et all.*(1996), com base em imagens de TSM tratadas a partir do NOAA 11 de 3 invernos consecutivos (1993-95), identificaram esta água como sendo das correntes das Malvinas que penetra nas 3 ocasiões, sugerindo ser uma feição componente da circulação de inverno da plataforma continental sudeste.

Contudo estudos de Lentini (1997) sobre variações de larga escala na plataforma e talude (até 1000m de profundidade) continentais do Atlântico oeste, entre 22°S e 42°S, com base em 13 anos de séries temporais de TSM (01/1982 a 12/1994); indicaram que as variações da TSM ocorrem quase que simultaneamente na área estudada, forçada principalmente por variações sazonais da radiação solar incidente na superfície dos oceanos. Além disso, a análise espectral dessas variabilidades temporais no domínio do tempo mostra períodos de 6,5 anos e 3,2 anos, os quais se associam às escalas temporais do fenômeno El Niño – Oscilações de Sul (ENSO), quando se observa as mais intensas variabilidades inter-anuais no Oceano Pacífico, certamente com reflexos no Atlântico, como a penetração para norte, junto à costa, das citadas águas frias, propagando-se por toda a região e afetando-a em escalas de 3 a 6 meses. Em sua área de estudo, então, conclui que a variabilidade anual é bem maior do que a inter-anual, mas é na escala de longo termo que esta última é importante devido às suas variações espaciais.

De fato, através da Figura 5.1.2.2-48 a seguir observamos que, com certeza os 2 primeiros e com alguma dúvida o último inverno analisado por Silva Jr. (*op. cit.*), se encontravam sob ano de El Niño.

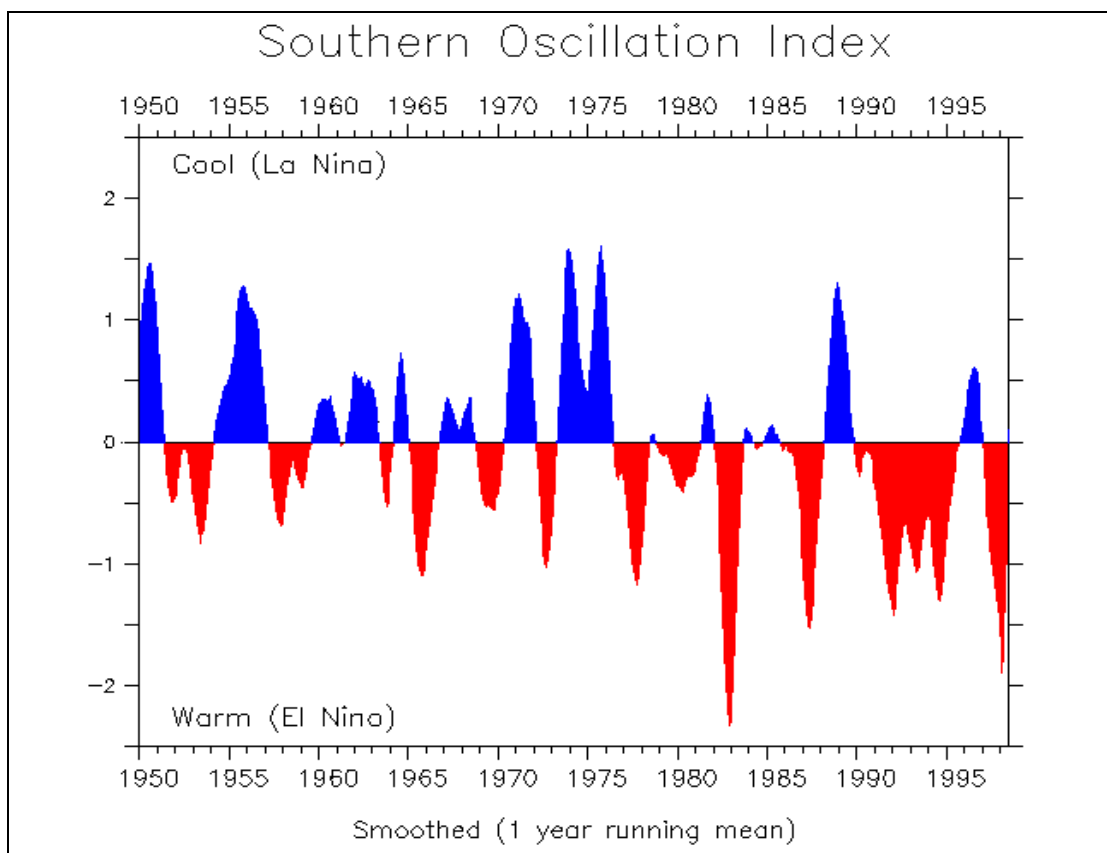


Figura 5.1.2.3-48: Anos de ocorrência de El Niños e La Niñas
(Fonte: <http://www.pmel.noaa.gov/~kessler/ENSO/soi-1950-98.gif>).

O modelo *Princeton Ocean Model* (POM), particularmente adequado para o estudo da circulação em regiões de forte gradiente batimétrico, após sua adequação à região foi aplicado por Cirano (1995) nos dados de HM1 e HM2, e mostram feições da corrente do Brasil bastante similares em ambos os cruzeiros (Figura 5.1.2.2-49), quando analisados os campos de velocidade baroclínicos (adquiridos a partir da estrutura termo-halina), que até certo ponto independem do fluxo associado à elevação média do nível da superfície do oceano (campos de velocidade barotópicos). Ratifica a assertiva supra a similaridade dos resultados encontrados pelo autor forçando o modelo com fluxo barotrópico de 10 Sv para SW ou não (apresenta-se aqui o forçado). A distribuição das velocidades baroclínicas (forçadas) com a profundidade ao longo da radial 6 são apresentadas na Figura 5.1.2.2-49.

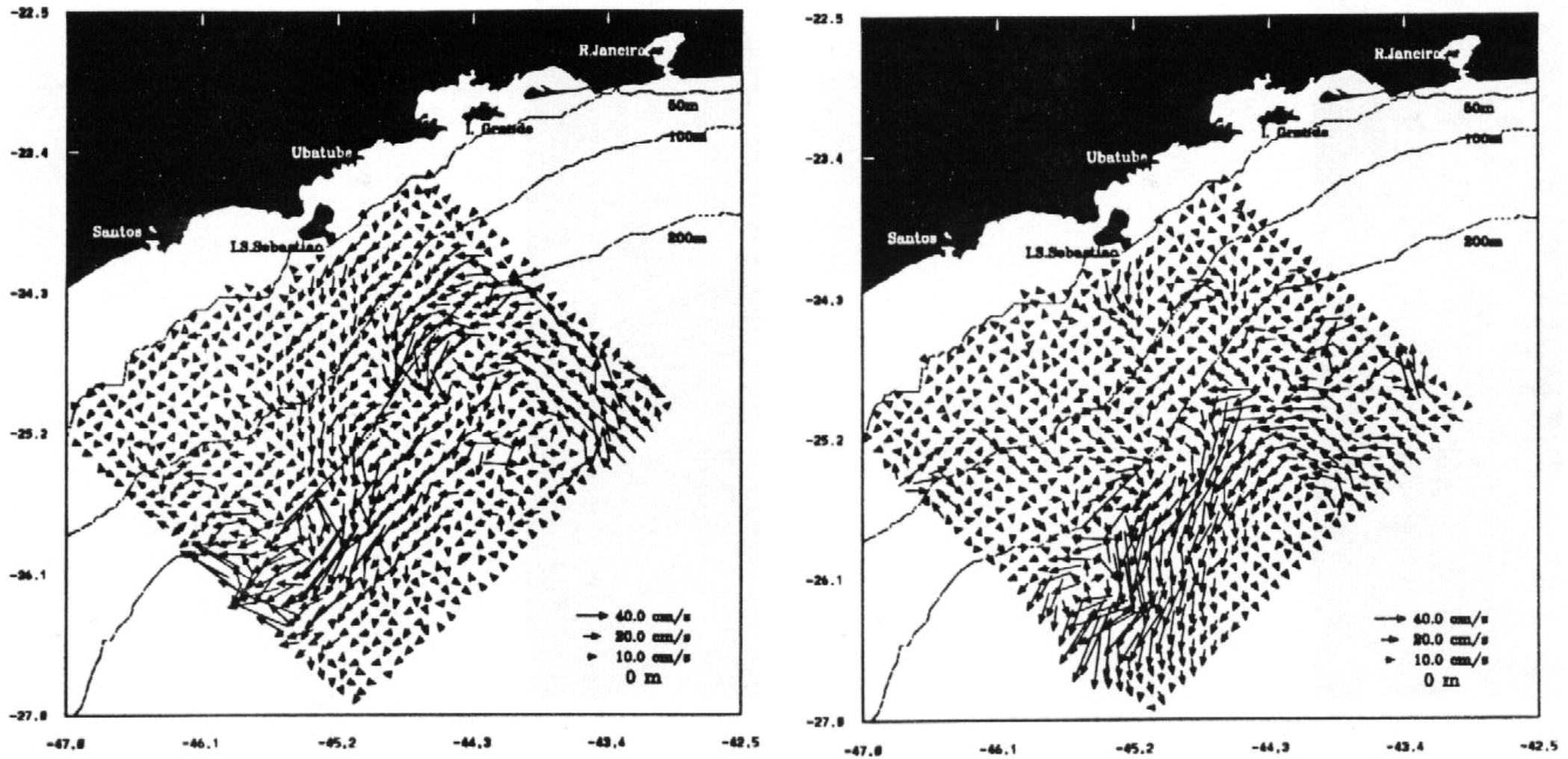


Figura 5.1.2.2-49: Distribuição do campo de velocidade superficial obtido (Fonte: Cirano, 1995).

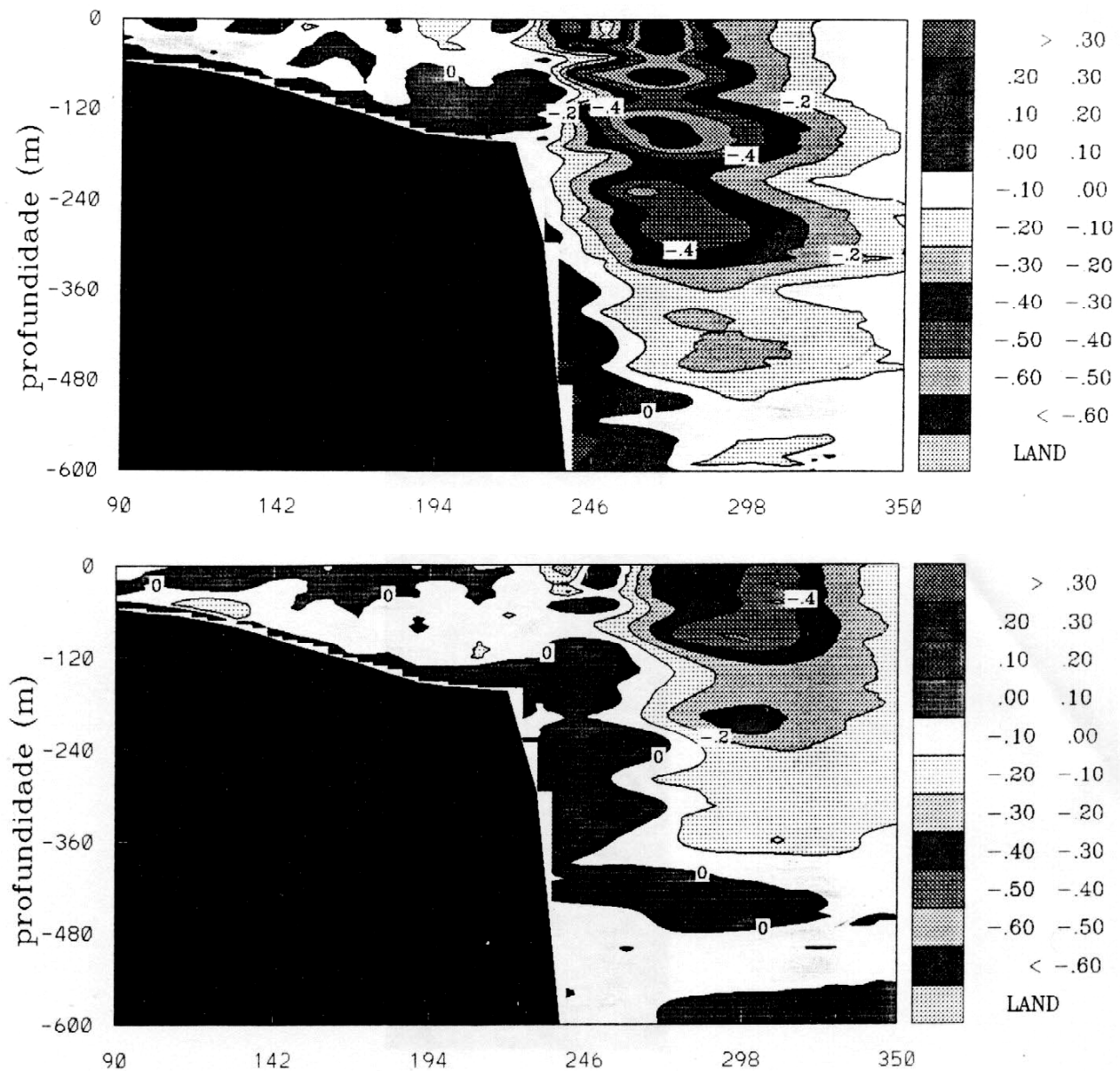


Figura 5.1.2.2-50: Perfil vertical da velocidade na radial 6 de HM1 (superior) e de HM2 (inferior). Pode se tomar como referência a isolinha de $0,1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ para definir o limite inferior da CB (Fonte: Cirano, 1995).

Observa-se nesta radial a CB mais distante da plataforma continental e atingindo maiores velocidades e profundidades (500m) do que as demais radiais no verão. No inverno o núcleo da CB se afasta mais para o oceano aberto nesta radial apresentando velocidades e profundidades (360m) menores ao se comparar ao verão.

Finalizando a abordagem sobre a circulação em meso-escala é apresentado, a seguir, os resultados do cruzeiro HM3, conduzido no verão de 1994.

Sinais de ressurgência ao norte e ao sul da ilha de São Sebastião aparecem subsuperficialmente, notados a partir de 10m de profundidade, sendo a superfície homogênea com T variando entre 25°C e 26°C. A 50m de profundidade é repetido o padrão do verão anterior de águas mais frias e menos salinas sobre a plataforma continental e de águas mais quentes e mais salinas na parte oceânica, com intenso gradiente térmico definindo o limite oeste da CB. Esta meandra com sua crista ao norte e vale ao sul como nas campanhas oceanográficas anteriores, inclusive a VHS do verão de 1991. Águas bem frias na parte ciclônica do meandro (ao sul), reforça a hipótese de Campos *at al.*(1995) de que a ressurgência da quebra de plataforma é um fenômeno a ele vinculado.

Diferentemente de HM1 e HM2, no entorno de 100m de profundidade (Figura 5.1.2.2-51) é verificada na parte externa da zona frontal, no domínio setentrional, um vórtice ciclônico (núcleo frio e menos salino), sendo sua existência, conforme sugerido por Campos (1995), atrelada à instabilidade de um meandro ciclônico formado a montante, o qual liberaria um vórtice ciclônico do lado oceânico da zona frontal que derivaria para sul encaixado na CB.

A Figura 5.1.2.2-52 apresenta os perfis verticais de T e S de todos os cruzeiros oceanográficos nas seções transversais mais ao sul (radial 7 das campanhas HM e T1 da VHS, que possuem praticamente o mesmo posicionamento). Com as devidas aproximações relativas à diferenciação na apresentação gráfica entre HVS e as demais campanhas observa-se, de forma geral, que as variações sazonais (ressalvando que HM2 possa não ser firmemente caracterizado como situação típica de inverno) são bem mais acentuadas até cerca de 200m de profundidade, estando a camada de mistura mais rasa no verão, praticamente atingindo a superfície sobre a plataforma continental. Mais notória ainda é a variação longitudinal e em profundidade do núcleo da CB, o que reflete a grande variabilidade hidrodinâmica a que esta localidade está sujeita.

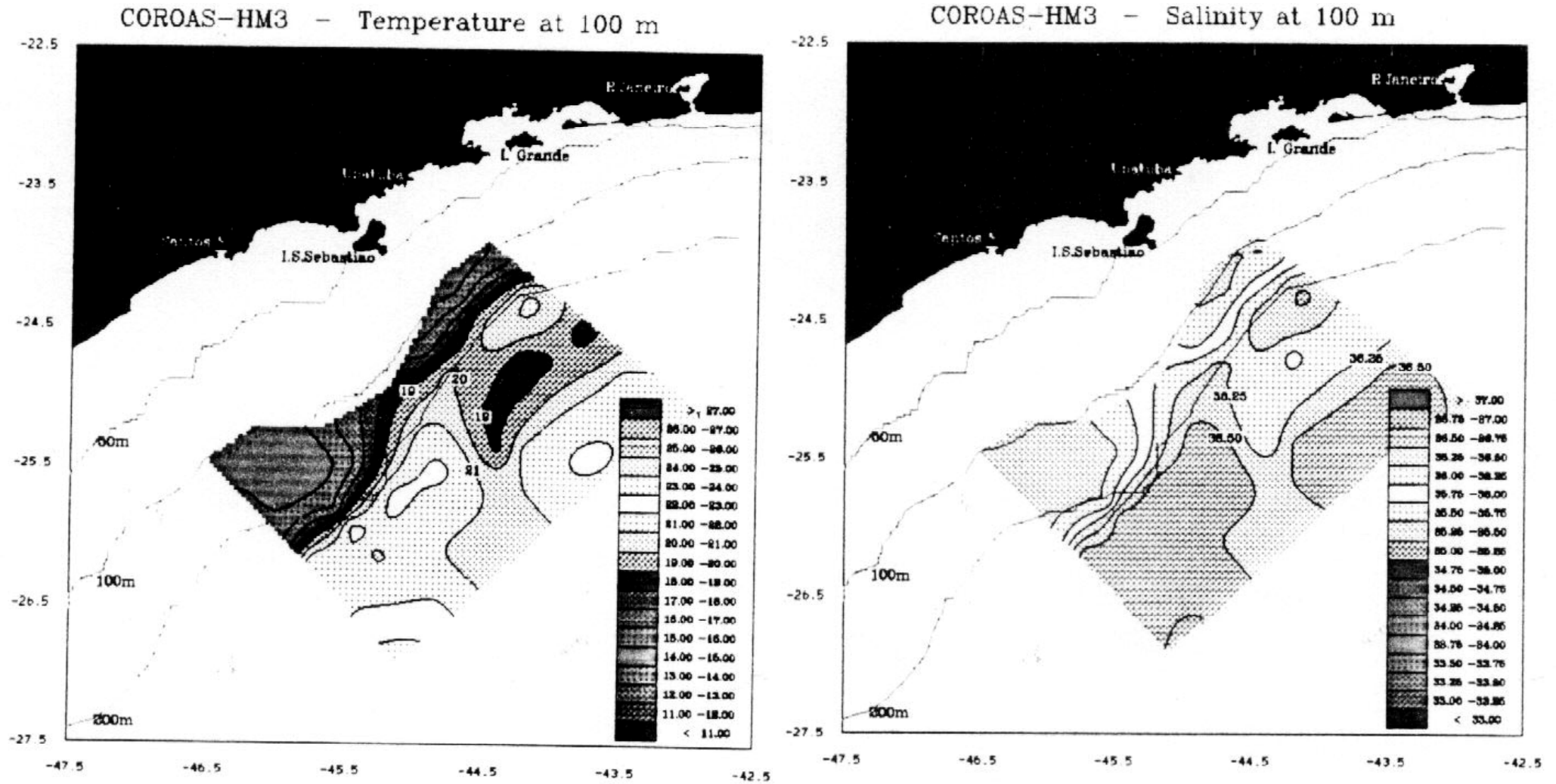


Figura 5.1.2.2-51: Distribuição horizontal de T (esquerda) e S (direita) a 100m de profundidade do cruzeiro HM3 (Fonte: Campos, 1995).

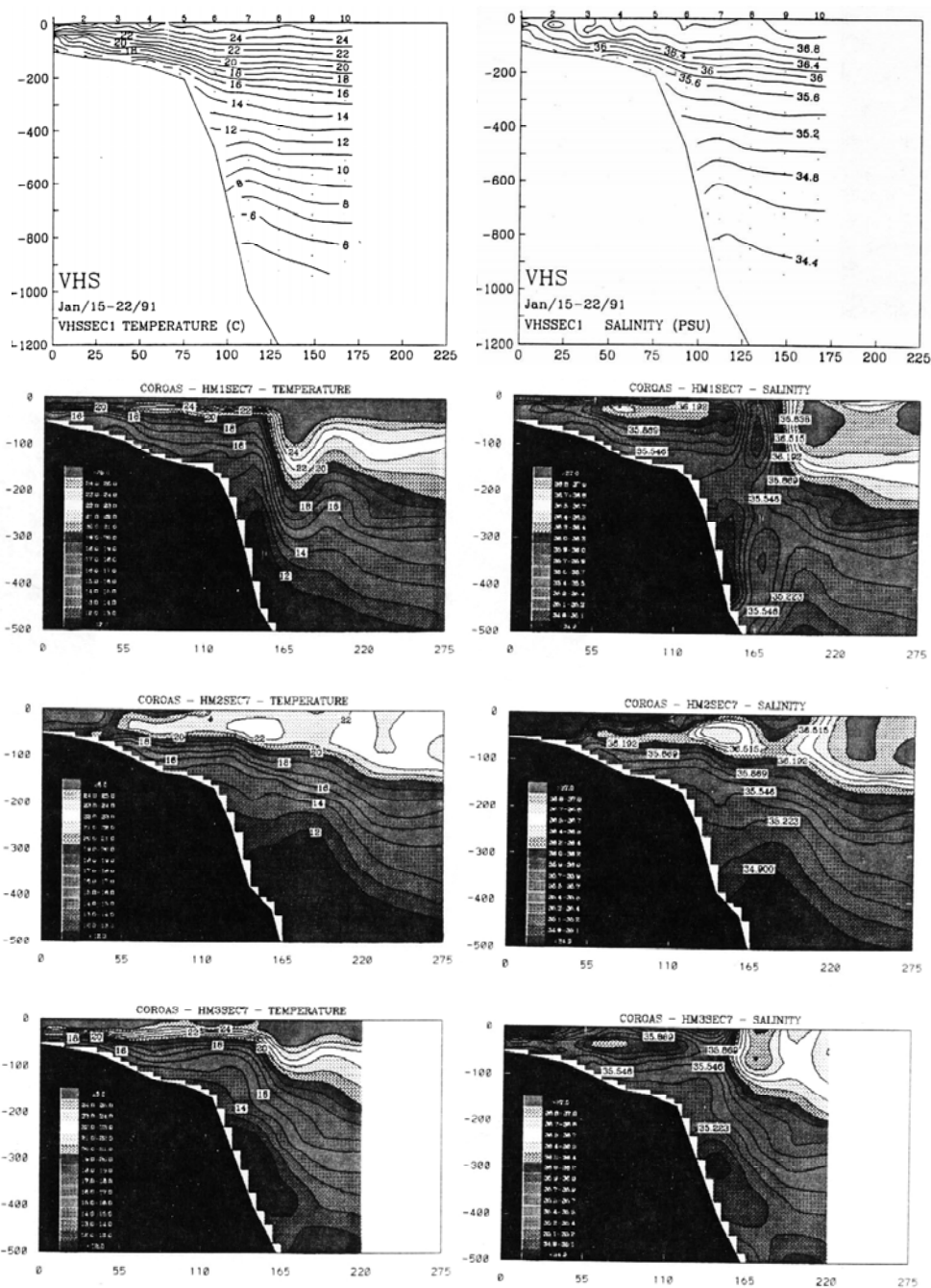


Figura 5.1.2.2-52: Perfis verticais de temperatura e salinidade nas seções transversais 7/T1 que passam pelo BM-S-2. De cima para baixo cruzeiros HVS, HM1, HM2 e HM3 (Fonte: Campos, 1995).

Corroboram esta conclusão as informações sobre correntometria euleriana obtidas de linhas de fundeio de correntômetros em ponto de lat: $27,9^{\circ}\text{S}$ e long: $44,7^{\circ}\text{W}$, extraídas de Hogg *et al.* (1999) em seu estudo de maior escala sobre a circulação e variabilidade no limite sul da bacia do Brasil, vinculado ao programa internacional “Experimentos em Bacias Profundas - DBE” do “Experimentos em Circulação Oceânica Mundial - WOCE” (Figura 5.1.2.2-53). Lá os equipamentos

foram localizados em 220, 460, 670 e 875m de profundidade, de 12/1991 a 12/1993 (anos de El Niño), perfazendo 2 anos de série temporal de correntes (Figura 5.1.2.2-54).

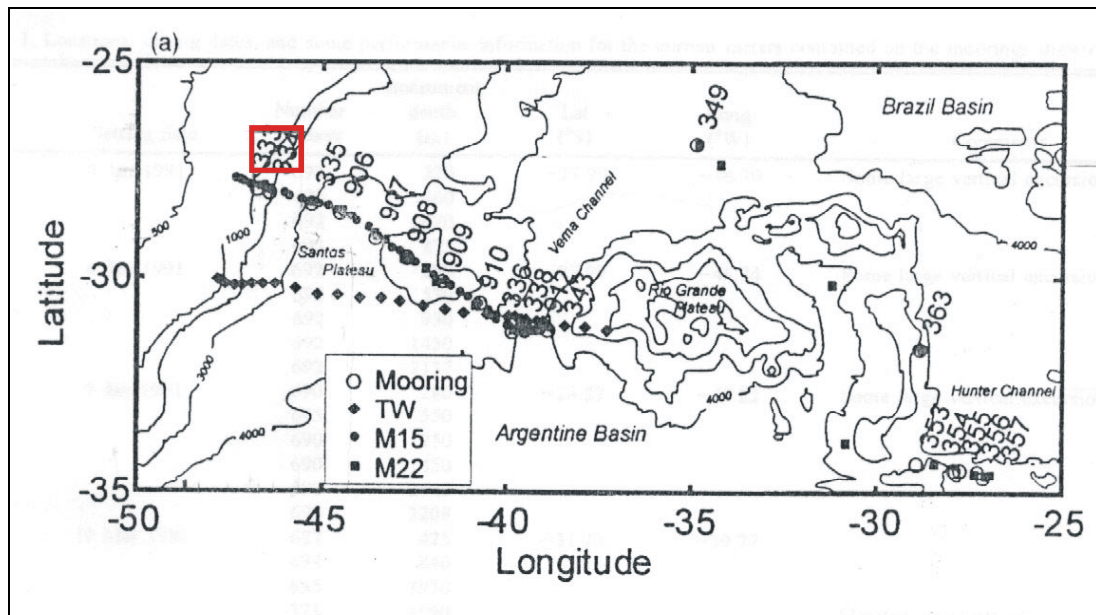


Figura 5.1.2.2-53: Localização da área de estudo. A estação de correntometria a seguir apresentada é a de número 333, (em vermelho) (Fonte: Hogg *et al.*, 1999).

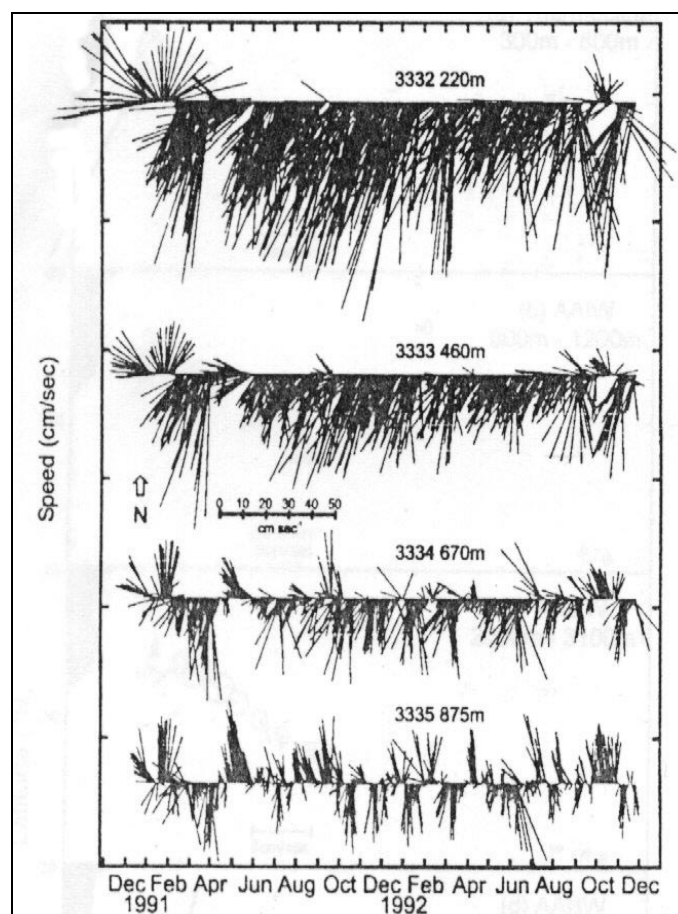


Figura 5.1.2.2-54: Velocidades vetoriais horizontais em função do tempo (Fonte: Hogg *et al.*, 1999).

Pode-se observar, de forma geral, a influência da CB em toda a coluna d'água amostrada através da dominância de fluxos para S-SW, mais evidente até 670m de profundidade, bem como o decréscimo gradativo da corrente com a profundidade, de velocidades bem superiores a 50 cm.s^{-1} a 220m para cerca de 20 cm.s^{-1} a 875m, esta última profundidade já dentro da AIA. Ressalta-se duas feições que transpassam os níveis de profundidade apresentados na figura, uma localizada na parte inicial (verão de 1991) e a outra, menos proeminente e mais desordenada do que a primeira, na parte final do gráfico (início do verão de 1993). Principalmente na primeira, o comportamento dos vetores realizando giros inicialmente anticiclônico e, depois, ciclônico ao longo do tempo, indica meandramento da CB e seus vórtices associados. Na segunda feição o comportamento dos vetores é mais ciclônico indicando, possivelmente, o vale de um meandro deslocando a CB para o oceano aberto durante sua atuação.

Boebel *et al.* (1997), tendo por base as informações correntométricas obtidas, tanto do ponto anteriormente apresentado, quanto do a ele adjacente (estação 334 da Figura 5.1.2.2-54), e os resultados do lançamento de derivadores lagrangeanos monitorados acusticamente e ajustados para flutuarem em 900m de profundidade, próximo ao mínimo de salinidade característico da AIA (Figura 5.1.2.2-55); conclui que esta massa d'água acompanha subsuperficialmente o giro anticiclônico subtropical do Atlântico Sul induzido pelo vento, formando uma grande célula de recirculação, isto é, um retorno da massa d'água em direção à sua área geração (Figura 5.1.2.2-56).

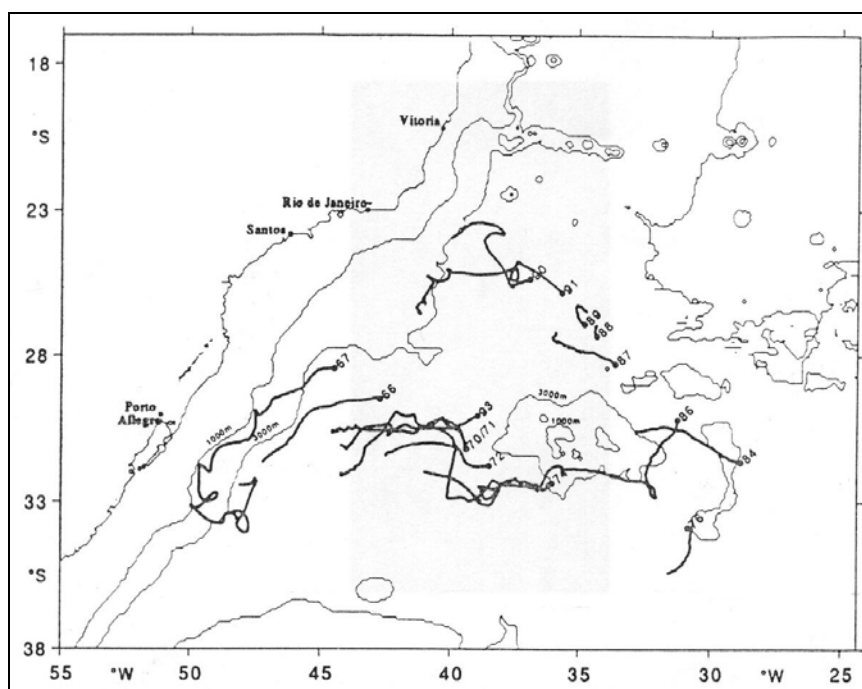


Figura 5.1.2.2-55: Trajetória dos derivadores lagrangeanos (Fonte: Boebel, 1997).

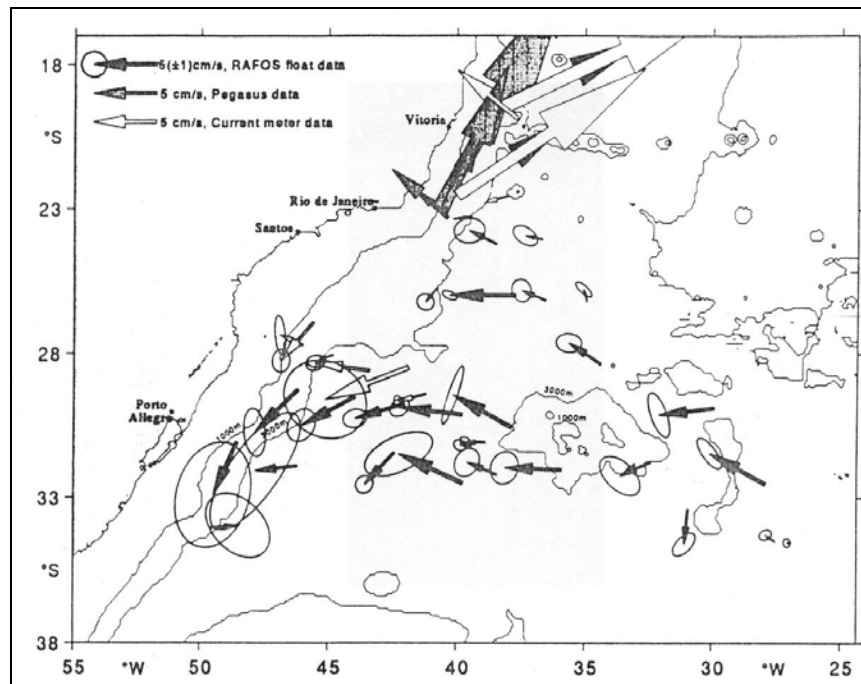


Figura 5.1.2.2-56: Circulação obtida a partir dos resultados dos derivadores e dos dados correntométricos existentes, com as elipses de erro probabilísticas, que indicam a variabilidade dos resultados, na ponta de cada seta (Fonte: Boebel, 1997).

Fato que merece atenção é a estrutura bidirecional encontrada próxima à latitude 28°S, observada na estação 333/BW, em 875m de profundidade (Figura 5.1.2.2-53, apresentada anteriormente). A alternância ocorrente nas correntes numa escala de tempo aproximada de 2 semanas, para norte com $9,8 \text{ cm.s}^{-1}$ e para sul com $7,8 \text{ cm.s}^{-1}$ de velocidade média, indica ser uma área de divergência, explicada por Hogg (*op. cit.*) como sendo fruto da atuação de ondas topográficas em áreas de grande energia cinética de vórtice, como são as regiões por onde passam correntes de contorno oeste (CB, corrente do Golfo).

Quanto à APAN, Madron & Weatherly (1994) realizaram um trabalho de grande escala mostrando o seu caminho pela bacia do Brasil com base em informações de diversos autores. Em seus resultados, verificam-se, mais ao sul, fluxos interpostos indicando recirculação (fluxo para norte no caso) na base do talude. Hogg *et al.* (1999), no entanto, baseados nas correntes levantadas ao longo da seção transversal que parte da estação 333 (vide Figura 5.1.2.2-53) mostram que a recirculação é detectada a profundidades de cerca de 1700m, confinada entre o talude continental e a CB, está última ganhando muito em volume e em profundidade ao absorver a AIA recirculada e a APAN mais externa, com seus fluxos para sul (Figura 5.1.2.2-57).

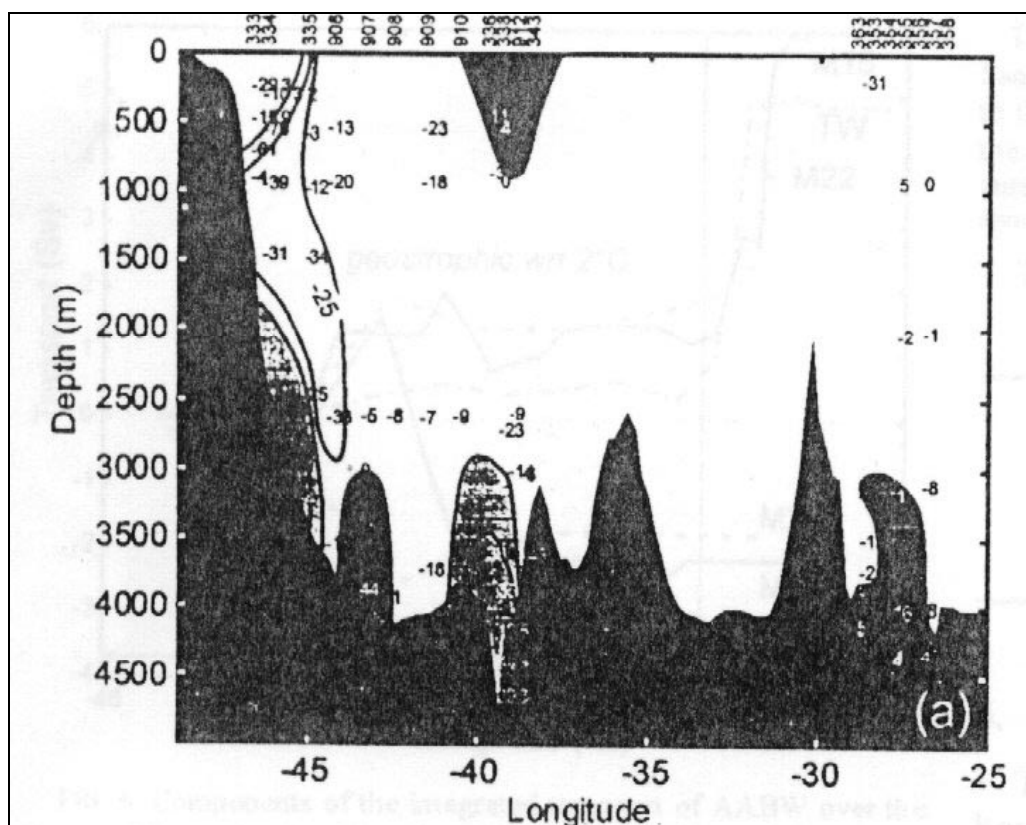


Figura 5.1.2.2-57: Campos de velocidade (em cm.s^{-1} e negativo para sul) das correntes medidas ao longo da radial que parte da estação 333. Áreas enegrecidas possuem transporte para norte (Fonte: Hogg *et al.*, 1999).

5.1.2.3 Regime de Ondas

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos através dos dados SHIP (dados obtidos através de medições visuais a bordo de navios da Marinha do Brasil) do BNDO, dados de altímetro do CCAR (2001), dados de modelos numéricos do FNMOC (2001) e de consulta a trabalhos, dissertações e teses de Seixas (1997), Violante-Carvalho (1997 e 1998), Souza (1988), Melo (1982) e Pinho (2003). Para a análise dos dados de onda serão apresentadas estatísticas dos dados SHIP junto com os resultados obtidos por Seixas (1997), Violante-Carvalho (1998), Violante-Carvalho, *et al.* (1997) e Pinho (2003), além da interpretação dos campos de alturas significativas obtidas por sensoriamento remoto (CCAR, 2001) e modelagem numérica (FNMOC-2001, SPO/INPE-2001). Esses dados, juntamente com as situações meteorológicas obtidas através da Meteoro-Marinha, foram utilizados para classificar os principais estados de severidade do mar associados às condições meteorológicas existentes (Violante-Carvalho, 1998).

Os dados de onda utilizados por Seixas (1997), Violante-Carvalho (1997 e 1998) e Pinho (2003) foram coletados em duas campanhas; uma durante o período entre março de 1991 até março de 1993, a outra entre janeiro de 1994 e junho de 1995. Utilizou-se uma bóia direcional (heave - pitch - roll) em dois locais: os campos de Marlim ($22^{\circ}31'S - 39^{\circ}58'W$) e Barracuda ($22^{\circ}38'S - 40^{\circ}12'W$), na Baía de Campos (Figura 5.1.2.3-1). Os dados de Souza (1998) são relativos ao ponto $22^{\circ} 22' 23.59S$ e $040^{\circ} 25' 06.46W$, no período de junho de 1985 a maio de 1986. As bóias foram fundeadas a 1250 m e a 1050 m. Os dados do BNDO processados neste relatório são referentes aos Quadrados de Mardsen 375 - subquadrados (19 e 29) e 376 - subquadrados (10 e 20). Seixas (1997) e Violante-Carvalho (1998) utilizaram os métodos convencionais de análise espectral para calcular os parâmetros de severidade do mar internacionalmente utilizados (Tabela 5.1.2.3-1).

‘Segundo Seixas, o mar mais comum na região foi aquele com ondas entre 20 e 10s de período oriundas do octante Sul, seguido por ondas entre 10s e 6,6s oriundas dos octantes Leste e Nordeste. Estes três mares juntos totalizaram mais da metade das ocorrências estudadas na região, constatando-se, assim, a existência dos três picos de energia, isto é, contribuições ondulatórias de 3 origens distintas: Vagas, Mar Quasi-Local e Marulhos. Com relação puramente à direção, predomina o octante Sul seguido por Nordeste, em menor escala os octantes Leste, Sudeste e Sudoeste, uma fraca ocorrência do Norte e pouquíssimos casos de Oeste e Noroeste (Figura 5.1.2.3-2). Esta distribuição pode ser explicada pelas ações do centro de baixa pressão do Atlântico, ao Sul da área estudada, e do centro de alta pressão, na região central do mesmo oceano.

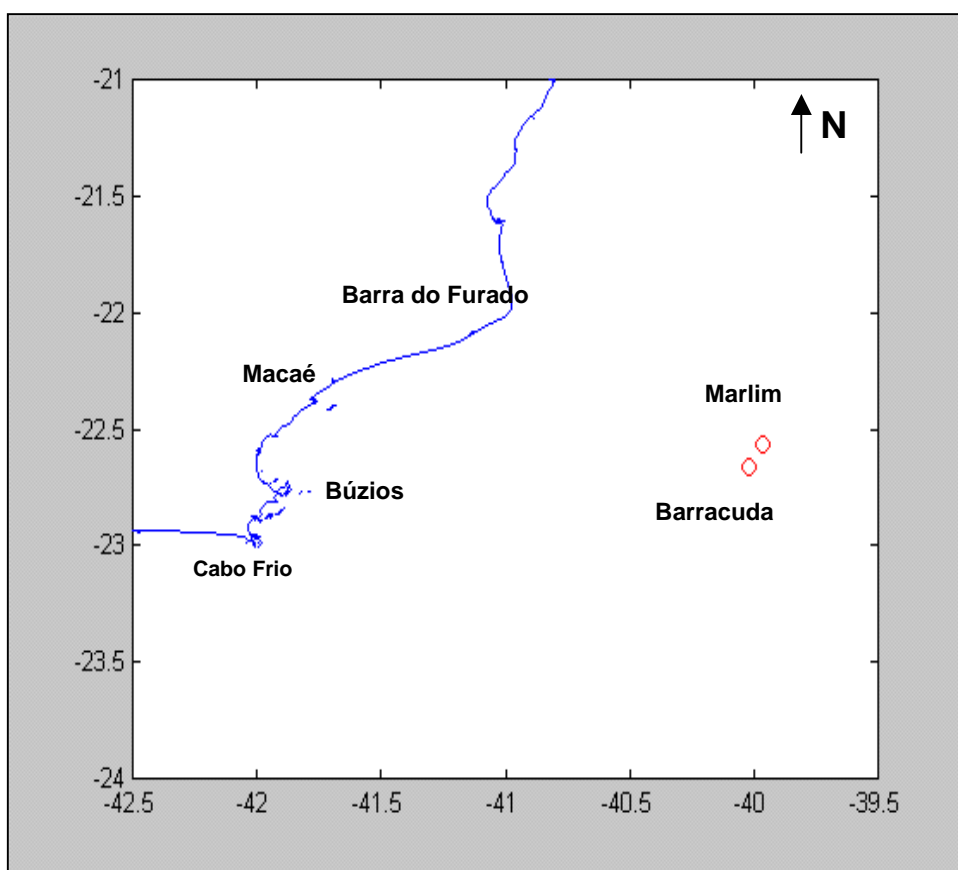


Figura 5.1.2.3-1: Localização das estações de medição de ondas na Bacia de Campos.

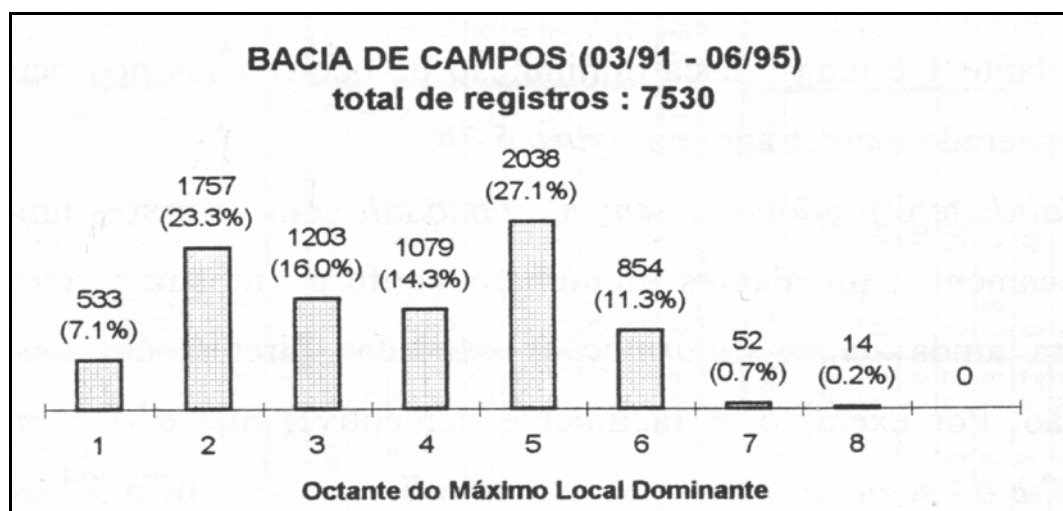


Figura 5.1.2.3-2: Distribuição de direção do máximo local por octantes. (Fonte: Seixas, 1997)

Tabela 5.1.2.3-1: Principais parâmetros de severidade do mar.

PARÂMETROS DE SEVERIDADE DO MAR UTILIZADOS PARA ONDAS	
Tavg	Período médio nos registros
Tpeak	Período de pico do espectro
D	Direção média no pico do espectro
Tz	Período médio calculado em função do momento espectral = $\left(\sqrt{\frac{m_0}{m_2}}\right)$ ou o período médio de um conjunto de alturas.
Hmo	Altura significativa espectral = $4\sqrt{m_0}$
Tp	Período de pico do espectro de onda máxima = $\frac{m_{-2} - m_1}{m_0^2}$
m_n	Momento espectral de ordem n (n variando de -2 a 4) = $\int_0^{\infty} f^n S(f) df$
H_{1/3}~Hs	Altura significativa baseada no terço superior das ondas máximas observadas
S(f)	Espectro de frequências f (Transformada de Fourier da função de correlação temporal da distribuição das alturas de ondas na amostra)
Hmax	Altura de uma onda máxima
Tmax	Período associado à altura máxima

Em relação ao primeiro pico de energia, marulho, pode-se observar no histograma de alturas (Figura 5.1.2.3-3) que seus maiores valores se encontram em torno de 6.75 m com pouquíssimas ocorrências. Em relação aos períodos de pico verifica-se uma faixa de valores entre 5 e 18 segundos com a moda em cerca de 8 segundos (Figura 5.1.2.3-4). A direção possui uma distribuição bimodal indicando duas fontes geradoras de onda, uma com direção 50° (nordeste) e outra com 190° (sul), sendo as direções mais freqüentes aquelas entre 160° – 220° (sudeste-sudoeste) (Seixas, 1977).

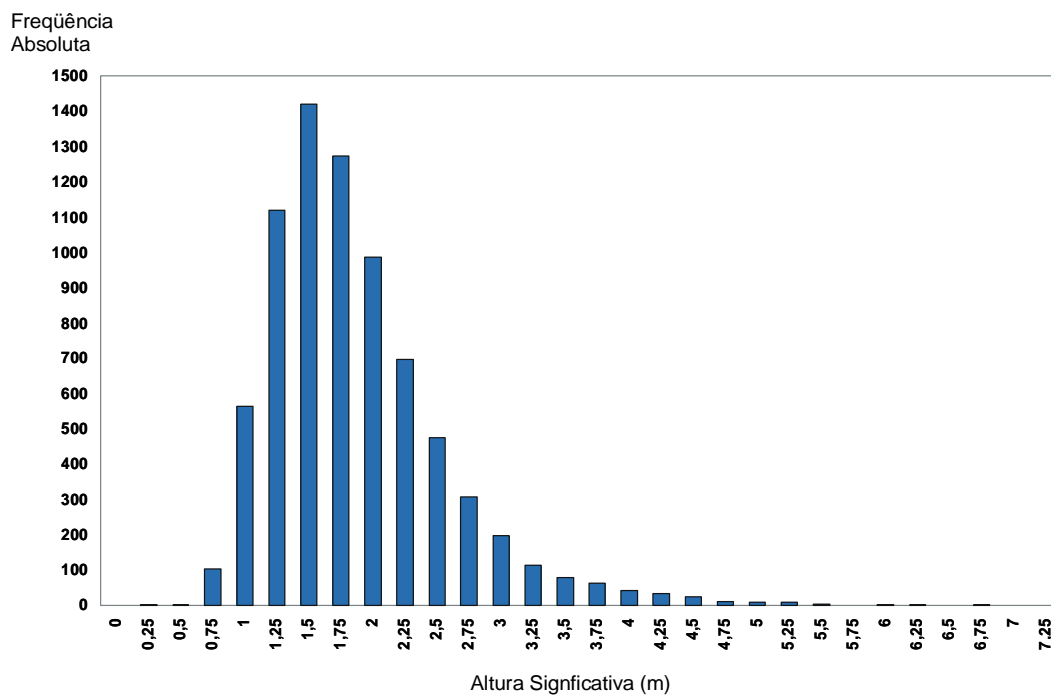


Figura 5.1.2.3-3: Histograma adaptado de Seixas (1997) demonstrando as alturas significativas associadas ao primeiro pico de energia do espectro de onda (marulhos). Períodos de aquisição dos dados: mar/1991-mar/1993 e jan/1994-jun/1995.

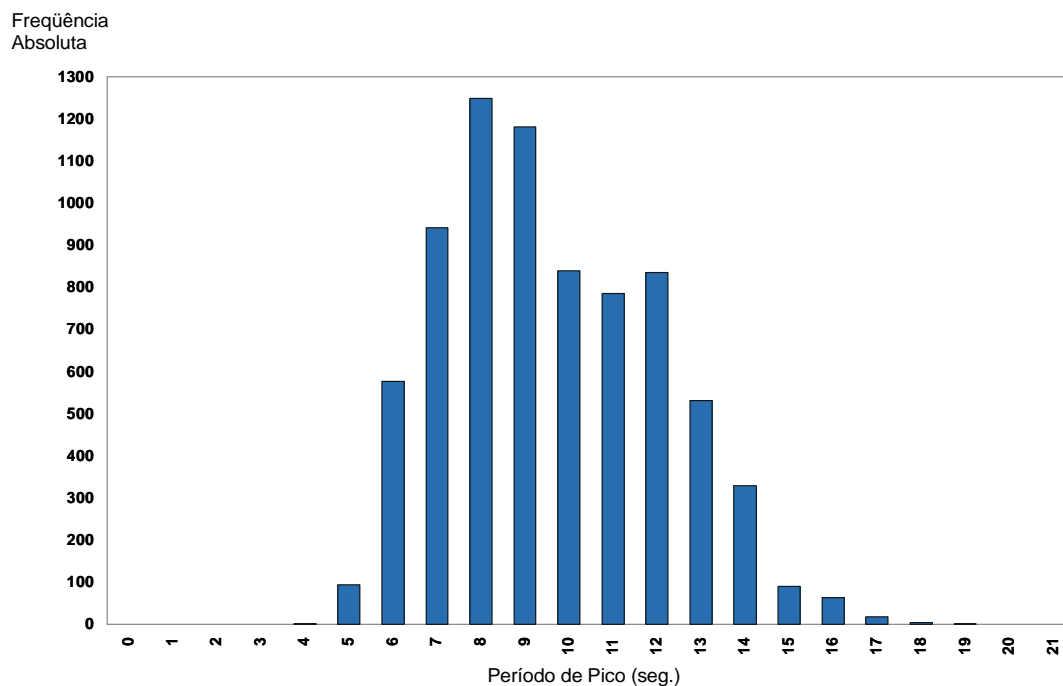


Figura 5.1.2.3-4: Histograma adaptado de Seixas (1997) demonstrando os períodos de pico associados ao primeiro pico de energia do espectro de onda (marulhos).

Os histogramas de alturas associados ao mar quasi-local apresentam valores de alturas menores do que os de marulhos, entre 0,25 – 2,75 m, com a moda em torno de 1m (Figura 5.1.2.3-5). Os períodos de pico associados possuem uma distribuição bimodal com as modas em 5 e 12 segundos, e períodos mais frequentes entre 4 – 8 segundos (Figura 5.1.2.3-6) e máximos na ordem de 20 segundos. A direção também possui uma distribuição bimodal com modas em 40° (nordeste) e 180° (sul), como pode ser observado na (Figura 5.1.2.3-7).

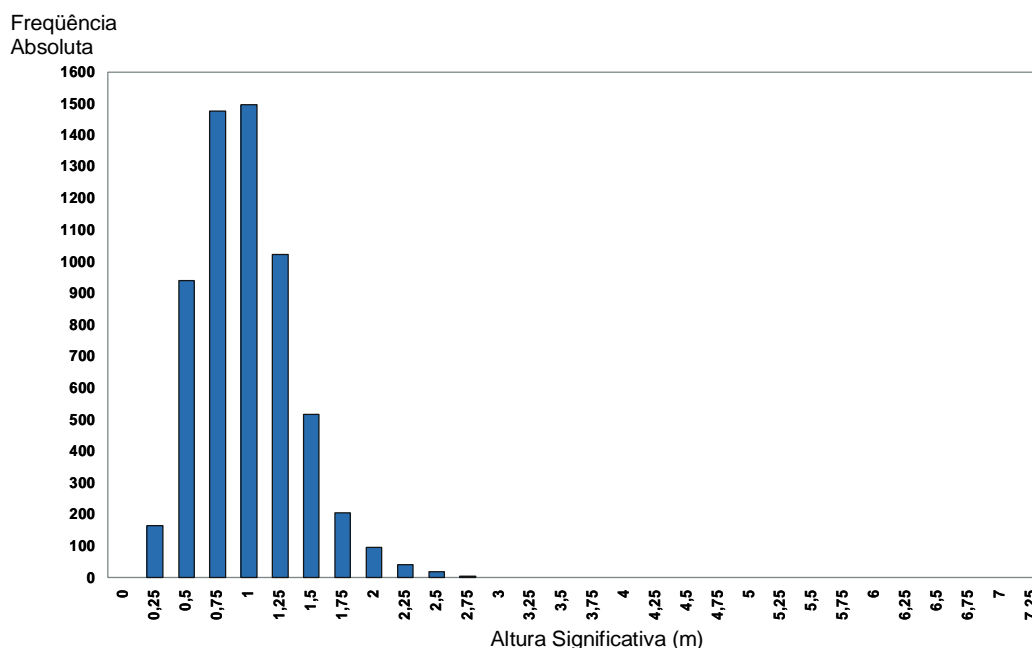


Figura 5.1.2.3-5 Histograma adaptado de Seixas (1997), demonstrando as alturas significativas associadas ao segundo pico de energia do espectro de onda (quasi - local).

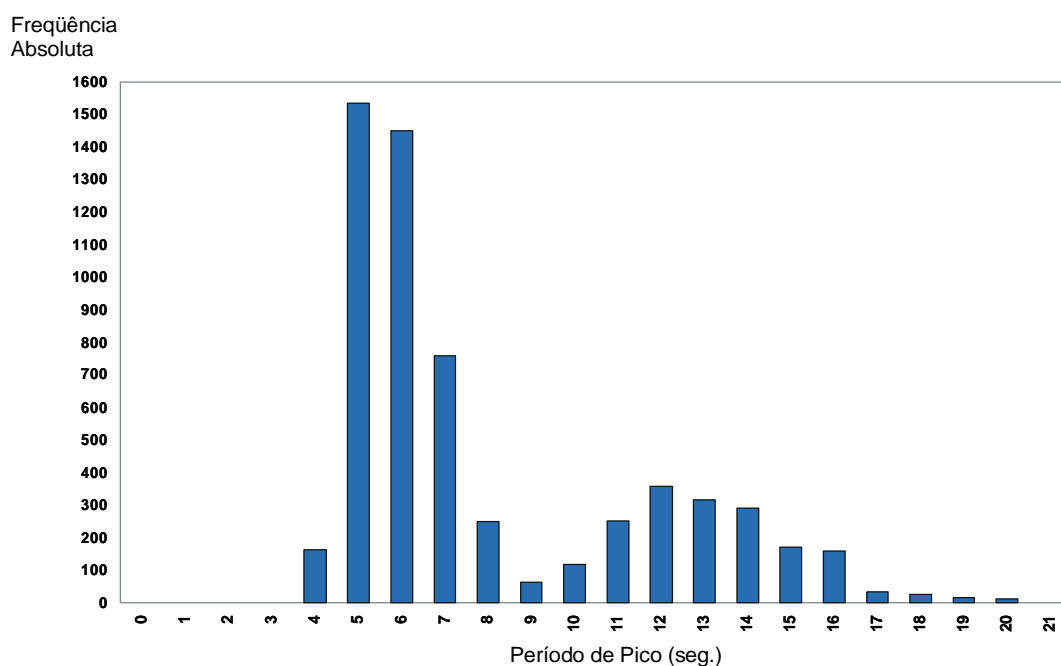


Figura 5.1.2.3-6: Histograma adaptado de Seixas (1997), demonstrando os períodos de pico associados ao segundo pico de energia do espectro de onda (quasi local).

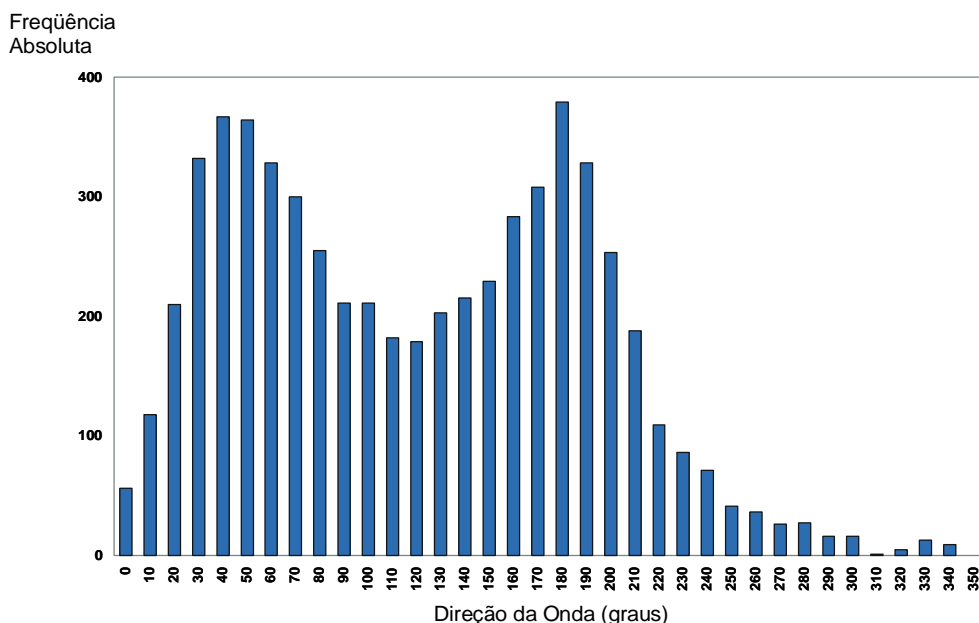


Figura 5.1.2.3-7: Histograma adaptado de Seixas (1997), demonstrando as direções associadas ao segundo pico de energia do espectro de onda (quasi local).

O histograma de períodos de pico relacionado ao terceiro pico de energia do espectro - vagas (Figura 5.1.2.3-8) apresenta uma distribuição estreita entre 4 – 9 segundos e um moda proeminente em 5 segundos. A distribuição de direções tem um aspecto unimodal com a moda em 30° e maiores frequências entre 0 e 90°, ou seja, quadrante norte-leste (Figura 5.1.2.3-9).

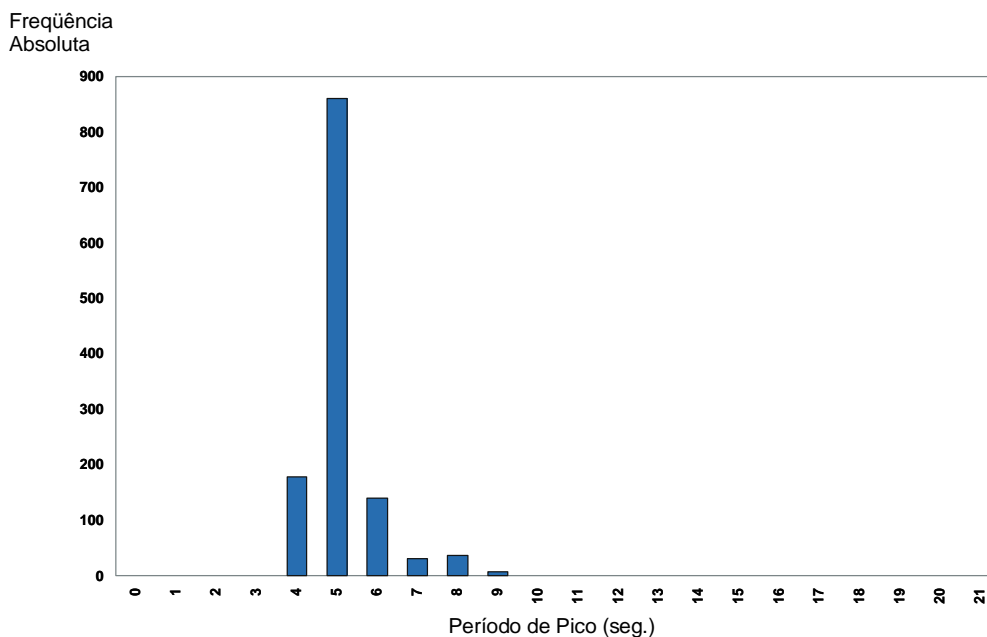


Figura 5.1.2.3-8 Histograma adaptado de Seixas (1997), demonstrando os períodos de pico associados ao terceiro pico de energia do espectro de onda (vagas).

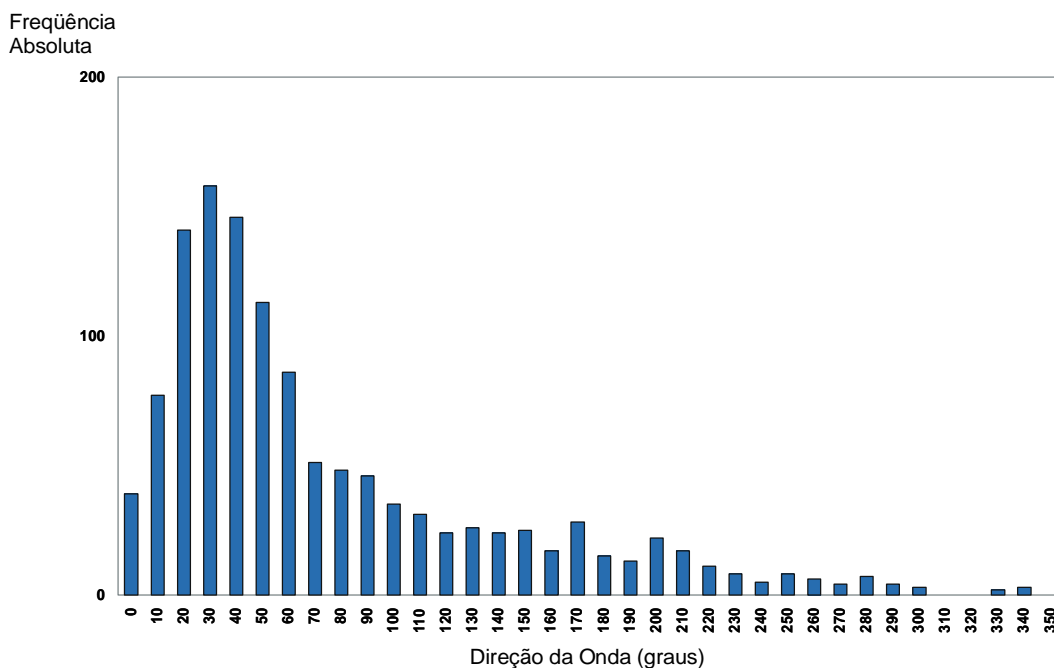


Figura 5.1.2.3-9: Histograma adaptado de Seixas (1997), demonstrando as direções associadas ao terceiro pico de energia do espectro de onda (vagas).

A seguir são apresentadas algumas estatísticas de ondas para melhor entendimento de seu regime na Bacia de Campos. Conforme a Figura 5.1.2.3-10 e a Tabela 5.1.2.3-2 de porcentagens de ocorrência de $H_s \times T_z$ (altura significativa \times período médio), verifica-se que as alturas significativas mais frequentes estão entre 1 e 2 metros com períodos médios entre 4 - 6 segundos em 25,35% das observações, seguida por ondas de 2 - 3 metros também com períodos de 4 a 6 segundos perfazendo 19,21%. Vale ressaltar que existem alturas significativas de ondas entre 4 - 5 metros com períodos de 6 a 8 segundos totalizando 5,36%.

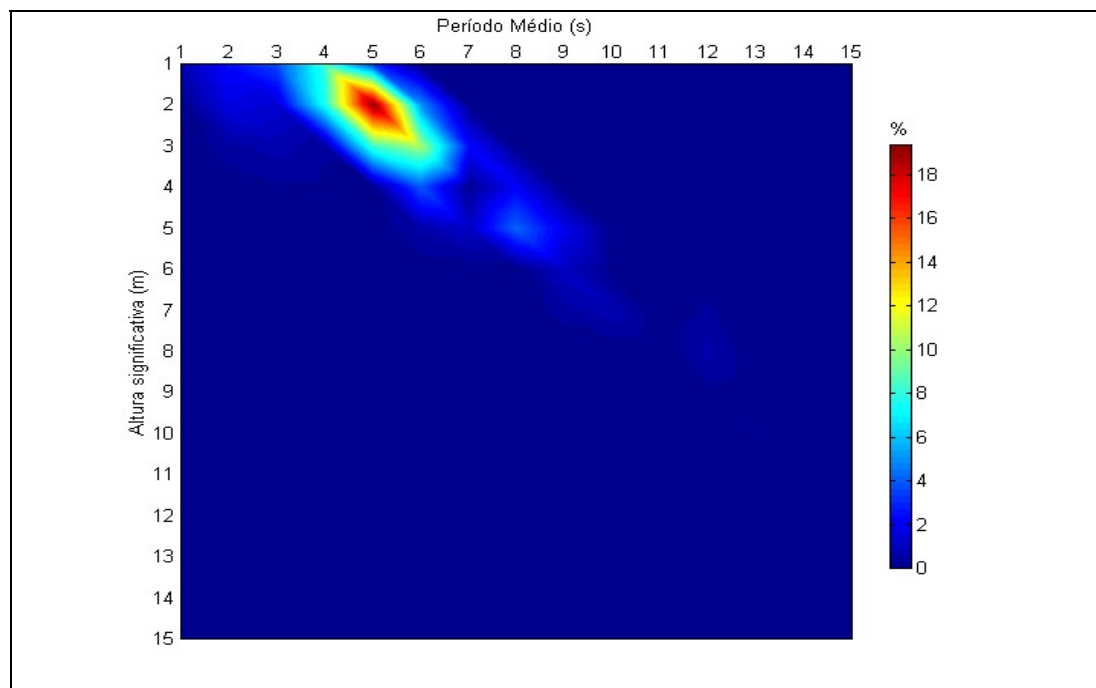


Figura 5.1.2.3-10: Percentual de alturas significativas em função dos períodos médios. Registros entre 01/01/1963 a 12/11/1999 para os Quadrados de Mardsen 375 (19 e 29) e 376 (10 e 2)

Tabela 5.1.2.3-2. Percentagens de ocorrência de Hs (Altura Significativa) x Tz (Período Médio) nos Quadrados de Mardsen 375 (19 e 29) e 376 (10 e 20).

ALTURA (m)	PERÍODO MÉDIO (S)								Total
	0 - 2	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	>15	
0 - 1	2,57	12,23	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,64
1 - 2	1,62	8,54	25,35	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	35,62
2 - 3	0,67	1,12	19,21	2,74	0,00	0,00	0,00	0,00	23,73
3 - 4	0,22	0,28	4,97	3,07	0,11	0,00	0,00	0,00	8,65
4 - 5	0,00	0,17	0,73	5,36	2,12	0,00	0,00	0,00	8,38
5 - 6	0,00	0,06	0,17	0,11	1,68	0,00	0,00	0,00	2,01
6 - 7	0,00	0,00	0,06	0,00	1,51	0,17	0,00	0,00	1,73
7 - 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,34
8 - 9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,34
9 - 10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,67
10 - 11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,28
11 - 12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,11
12 - 13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,17
13 - 14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06
14 - 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,28
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	5,08	22,39	53,32	11,39	5,42	1,51	0,56	0,34	100,00

Para as porcentagens de ocorrência de Hs x Direção (Figura 5.1.2.3-11) obtêm-se alturas entre 1 - 2 metros com direções entre 40° - 60° representando 5.63% das ocorrências. Essas mesmas alturas com direção entre 200° - 220° representam 1.83%. Alturas de onda entre 2 - 3 metros possuem suas maiores ocorrências entre 40° - 60° (4.41%), encontrando-se ainda valores representativos de 1.3% entre 200° - 220° (Seixas, 1997).

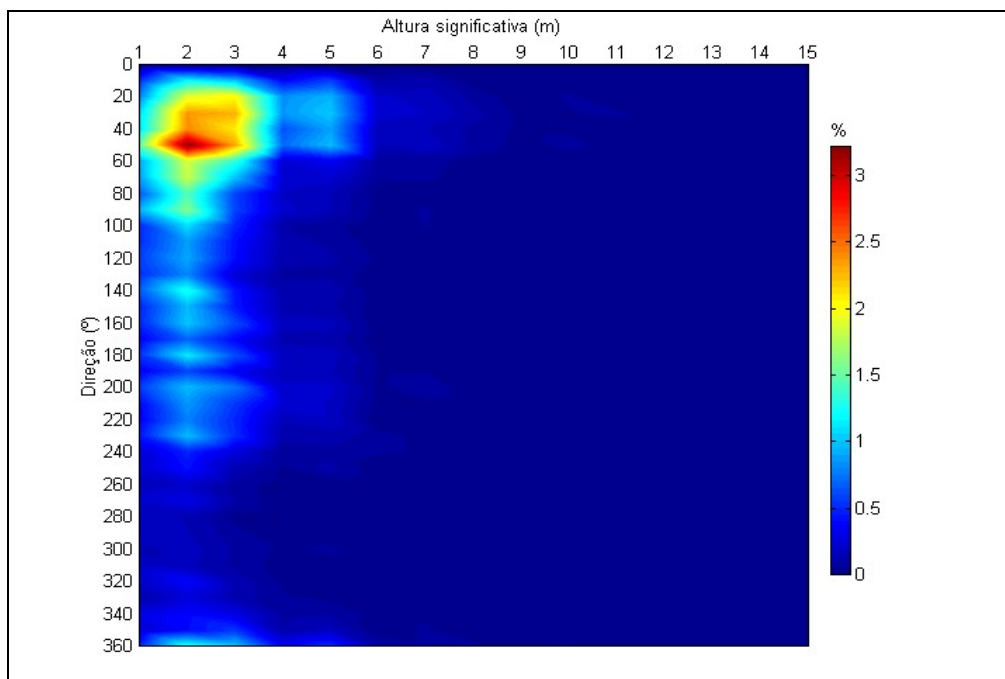


Figura 5.1.2.3-11- Percentual de Alturas Significativas em função das direções médias.

Em relação a sazonalidade do regime de ondas, pode-se afirmar que os períodos médios, para a região da Bacia de Campos, apresentam variações pequenas. Basicamente os períodos concentram-se em torno de 5 – 8s para ondas de 1 a 3 metros de altura significativa. Já para ondas da ordem de 4 – 6 m tem-se períodos de 7 a 10s e as ondas maiores que 6 metros possuem períodos médios maiores que 10s. A primeira situação perdura o ano todo. Embora predominem ventos de Nordeste ao longo do ano todo (ver item Meteorologia; Souza, 1988), é durante o inverno que as ondas possuem maior energia (Seixas, 1997), pois se torna mais intensa a influência dos sistemas frontais, fazendo com que o mar de Sudoeste constitua a pior situação (Souza, 1988). Ondas de Sudeste com grande período, geradas no meio do oceano, são mais frequentes durante a primavera, enquanto que, principalmente durante o verão, predomina o mar de Nordeste (Souza, *op. cit.*).

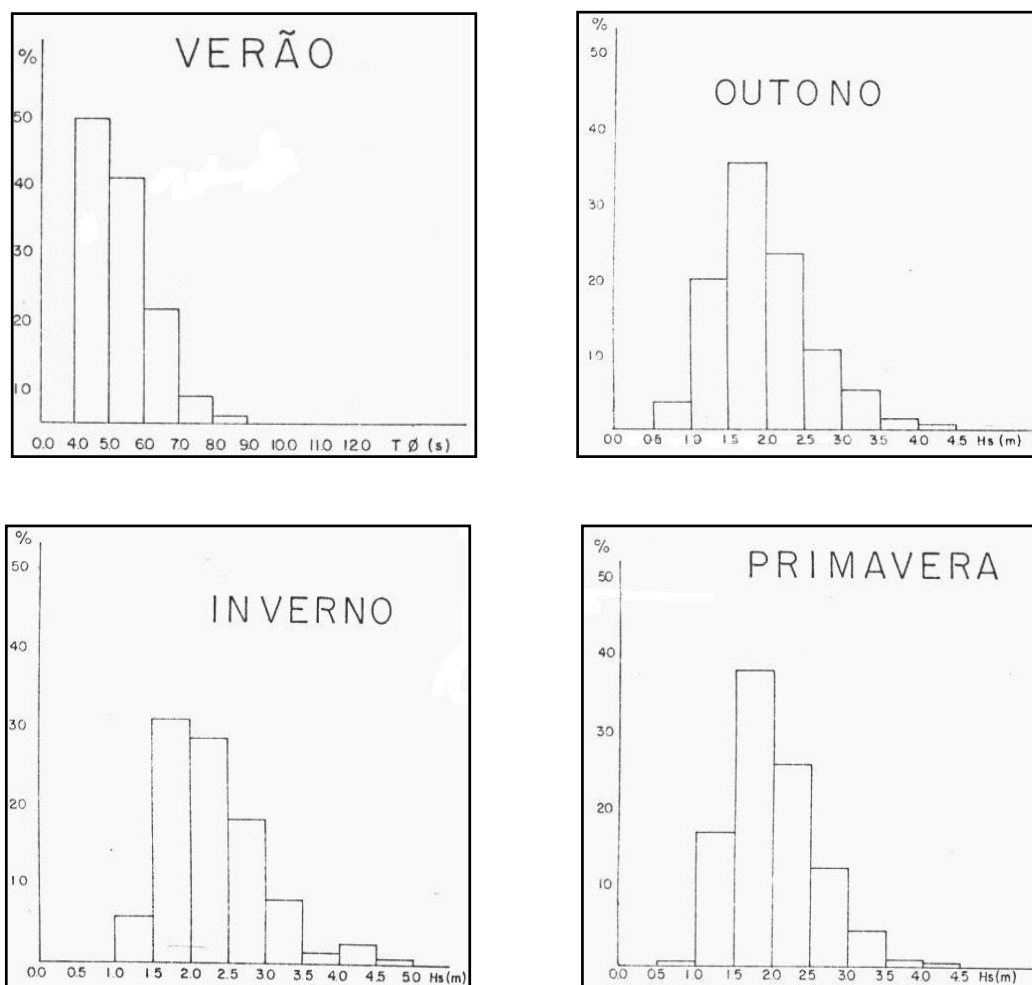


Figura 5.1.2.3-12: Distribuição sazonal de Período ascendente (Fonte: Souza, 1988).

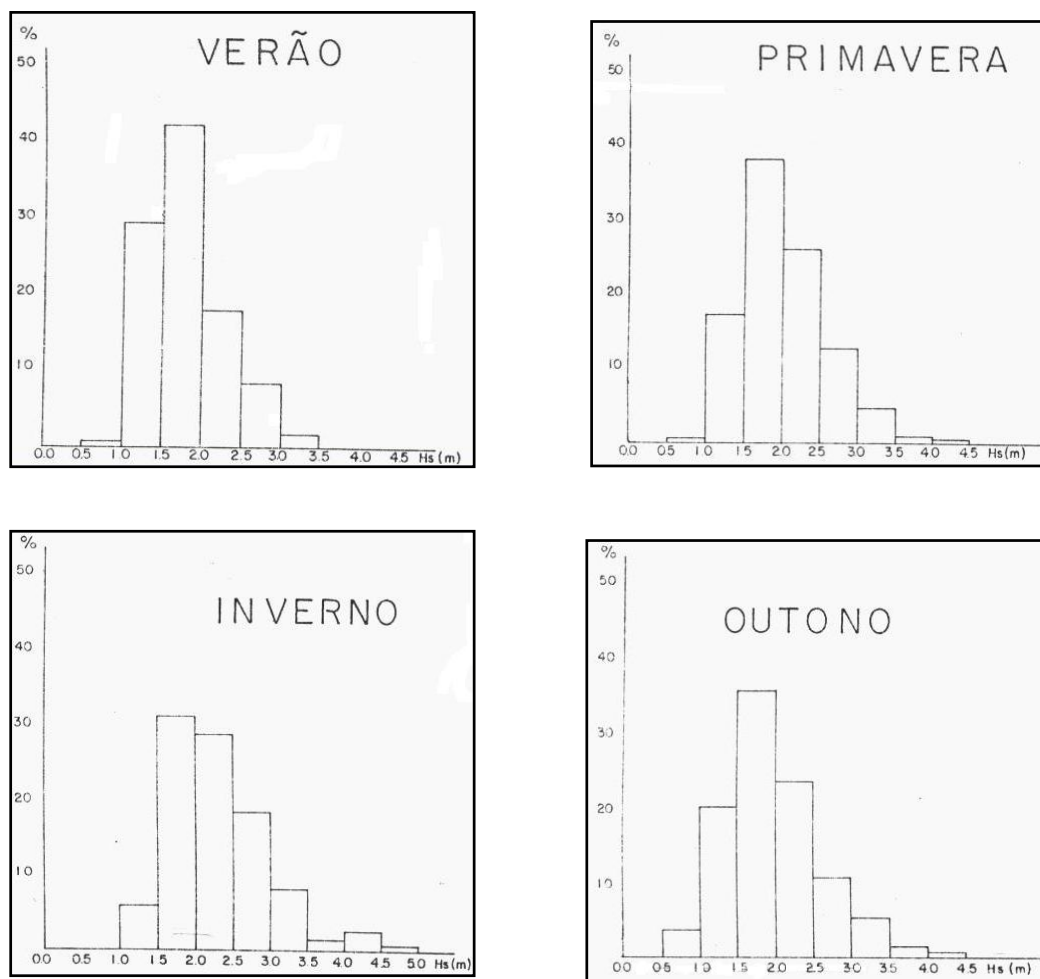


Figura 5.1.2.3-13: Distribuição de sazonal de Altura Significativa (Fonte: Souza, 1988).

O trabalho de Violante-Carvalho (1997) permite ainda que sejam estimados alguns parâmetros estatísticos importantes como as ondas de 1, 10, 20, 30, 50 e 100 anos (H_1 a H_{100}). O método de estimativa das ondas máximas prováveis consiste em ajustar uma função densidade de probabilidade ao histograma de alturas significativas, visando a distribuição que melhor se ajuste a sua extremidade direita. O referido autor identificou o melhor ajuste para a distribuição de Gumbel. O período médio (T_z) associado pode ser obtido através da seguinte relação segundo a WMO (1998):

$$T_z = \left(\sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \right)$$

Estas estimativas representam os maiores valores passíveis de ocorrência dentro do respectivo tempo de retorno. As previsões de alturas e seus períodos associados para as ondas de 1, 10, 20, 30, 50 e 100 anos na Bacia de Campos podem ser encontradas na Tabela 5.1.2.3-3.

Tabela 5.1.2.3-3: Resultados para estimativa de alturas e períodos das ondas de 1, 10, 20, 30, 50 e 100 anos.

DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL						
Tempo de Retorno (anos)	1	10	20	30	50	100
Altura significativa (m)	5.58	6.73	7.08	7.28	7.54	7.89
Período médio (seg)	8.03	8.82	9.04	9.17	9.55	9.33

Uma maneira simples de dividir as condições meteorológicas da Baía de Campos pode ser a seguinte: Bom Tempo (BT), Tempo Ruim (TR). A condição de Bom Tempo acontece quando há o domínio do Anticiclone Subtropical do Atlântico. A condição de Tempo Ruim resume-se a um domínio de sistemas frontais. As classificações de Bom Tempo e de Tempo Ruim podem ser divididas em 4 estados de mar cada, conforme Tabela 5.1.2.3-4, constando na Tabela 5.1.2.3-5, seus percentuais de ocorrência.

Tabela 5.1.2.3-4: Estados do mar de Bom Tempo (BT) e de Tempo Ruim (TR).

ESTADO DO MAR	DESCRIÇÃO
BT-1	Mar em desenvolvimento de norte/leste com marulhos de sul.
BT-2	Mar em desenvolvimento de norte/leste sem marulhos de sul.
BT-3	Marulhos de norte/leste com ou sem marulhos de sul.
BT-4	Marulho de norte/leste sem marulhos de sul (Situação de Bloqueio).
TR-1	Passagem do Sistema Frontal de SW para NE com marulhos de sul
TR-2	Passagem do Sistema Frontal de SW para NE sem marulhos de sul
TR-3	Passagem do Sistema Frontal de W para E com ou sem marulhos de sul
TR-4	Mar de NW com ou sem marulhos de sul

Tabela 5.1.2.3-5: Porcentagem de ocorrência dos diferentes estados do mar para a Baía de Campos.

Porcentagem de ocorrência dos diferentes estados do mar para a Baía de Campos. DO MAR	BT-1	BT-2	BT-4	TR-1	TR-2	TR-3	TOTAL
% de ocorrência	52.13	7.59	6.39	17.91	5.89	10.10	100

Verifica-se que os estados do mar BT-3 e TR-4 não aparecem nas estatísticas, sendo efêmeros e não contribuindo de forma representativa para análises. Nota-se, ainda, que o estado do mar mais freqüente é o de Bom Tempo 1 (BT-1), ocorrente na maior parte do período de medição sendo o principal responsável pelo mar característico da Baía de Campos, representado por vagas de N e NE juntamente com marulhos oriundos de sul, como já constatado.

Nas Figuras 5.1.2.3-14 a 5.1.2.3-16 mostram-se os histogramas de estados do mar obtidos por Violante-Carvalho (1998). Como já observado, vê-se que o estado do mar BT-1 predomina durante quase todo o ano sendo que, somente no inverno, ocorre predominância do estado do mar TR-3. No outono o estado do mar BT-1 (45%) é seguido pelo TR-1 (35%) em termos de porcentagem de ocorrência.

Os parâmetros de severidade característicos para cada classificação de estado do mar podem ser observados nas Tabelas 5.1.2.3-6 a 5.1.2.3-11, as quais mostram as maiores ondas relacionadas aos estados do mar de Tempo Ruim TR-1 e TR-3 (Tabelas 5.1.2.3-9 e 5.1.2.3-10). Essas maiores ondas se devem aos sistemas frontais (B), que transferem muita energia para o oceano em baixas latitudes através da tensão de cisalhamento do vento sobre a superfície marinha, gerando ondas que se encaminharão para a região de estudo.

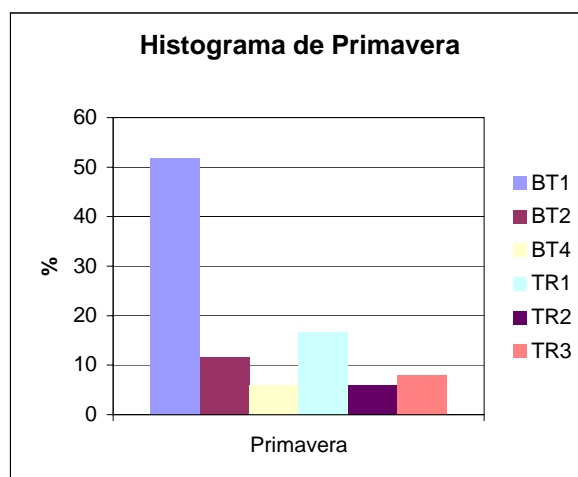


Figura 5.1.2.3-14 - Histograma de estados do mar na primavera para a Bacia de Campos (Violante-Carvalho - 1998).

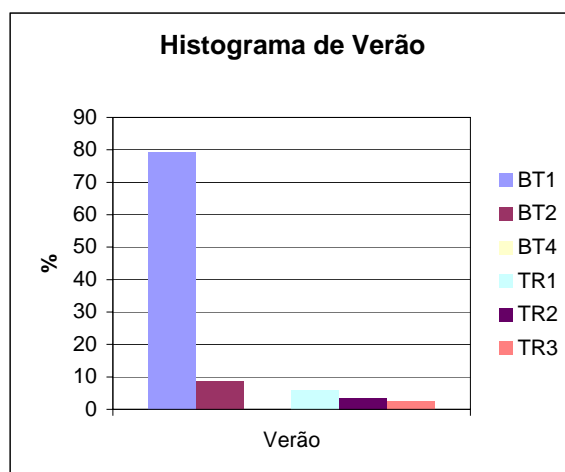


Figura 5.1.2.3-15: Histograma de estados do mar na primavera para a Bacia de Campos (Violante-Carvalho - 1998).

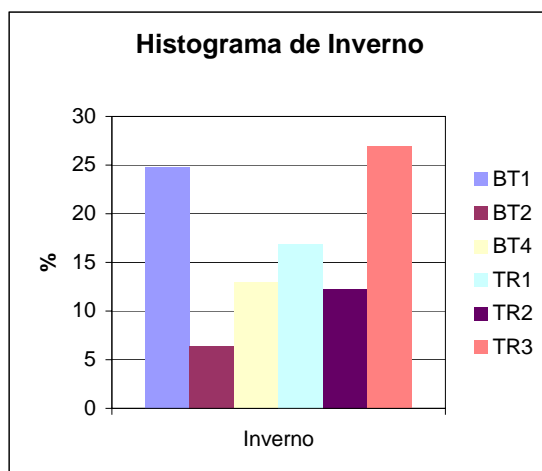


Figura 5.1.2.3-16: Histograma de estados do mar no inverno para a Bacia de Campos.

Tabela 5.1.2.3-6: Parâmetros de Severidade para o estado do mar BT-1 na Bacia de Campos.

BT-1	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hmax (m)	Tmax (s)	Dir (°)	Zona de Geração
Vaga	0.5 - 1	3 - 5.5	45 - 90	1 - 1.5	4 - 6	45 - 90	ASA
Quasi-Local	1.0 - 1.5	5.5 - 6.5	70 - 100	1.0 - 2.0	5.0 - 7.0	70 - 100	ASA
Marulho	1	12	180 - 220	2 - 3	15 - 18	200-220	B

Legenda: Hs= Altura Significativa (metros); Tp= Período de Pico (segundos); Dir= Direção (graus); Hmax= Altura Máxima; Tmax= Período Máximo; ASA= Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul; B = Frente Fria ou Baixa Frontal.

FONTE: Pinho, 2003

Tabela 5.1.2.3-7: Parâmetros de Severidade para o estado do mar BT-2 na Bacia de Campos.

BT-2	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hmax (m)	Tmax (s)	Dir (°)	Zona de Geração
Vaga	0.25 - 1.25	3 - 5.5	45 - 70	0.25 - 1.25	3 - 5.5	45 - 90	ASA
Quasi-Local	0.5 - 1.5	9 - 11	70 - 100	1.0 - 2.0	8 - 10	80 - 100	ASA
Marulho	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Legenda: Hs= Altura Significativa (metros); Tp= Período de Pico (segundos); Dir= Direção (graus); Hmax= Altura Máxima; Tmax= Período Máximo; ASA= Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul; B = Frente Fria ou Baixa Frontal.

FONTE: Pinho, 2003

Tabela 5.1.2.3-8: Parâmetros de Severidade para o estado do mar BT-4 na Bacia de Campos.

BT-4	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hmax (m)	Tmax (s)	Dir (°)	Zona de Geração
Vaga	0.25 - 1.25	03 - 04	270 - 45	0.5 - 1.25	5.0 - 8.5	270 - 45	ASA
Quasi-Local	0.5 - 2.0	9.5 - 10.5	270 - 45	1 - 1.5	12	270 - 45	ASA
Marulho	1 - 2	1.0 - 13.	180	1 - 3	12- 15	190- 200	B

Legenda: Hs= Altura Significativa (metros); Tp= Período de Pico (segundos); Dir= Direção (graus); Hmax= Altura Máxima; Tmax= Período Máximo; ASA= Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul; B = Frente Fria ou Baixa Frontal.

FONTE: Pinho, 2003

Tabela 5.1.2.3-9: Parâmetros de Severidade para o estado do mar TR-1 na Bacia de Campos.

TR-1	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hmax (m)	Tmax (s)	Dir (°)	Zona de Geração
Vaga	0.25 - 1.25	3 - 5	270 - 45	0.25 - 1.25	3 - 5	270 - 45	B e ASA
Quasi-Local	1.0 - 2.0	10	270 - 45 ou 180	1.0 - 2.5	12	270 - 45 ou 180	B e ASA
Marulho	1.5 - 2.5	15	145 - 180	4 - 5 ou +	15	145 - 180	B

Legenda: Hs= Altura Significativa (metros); Tp= Período de Pico (segundos); Dir= Direção (graus); Hmax= Altura Máxima; Tmax= Período Máximo; ASA= Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul; B = Frente Fria ou Baixa Frontal.

FONTES: Pinho, 2003

Tabela 5.1.2.3-10: Parâmetros de Severidade para o estado do mar TR-2 na Bacia de Campos.

TR-2	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hmax (m)	Tmax (s)	Dir (°)	Zona de Geração
Vaga	0.25 - 1.25	3 - 5	270 - 45	0.5 - 1.5	3 - 5	270 - 45	B e ASA
Quasi-Local	0.5 - 2.0	4 - 10	270 - 45	0.5 - 2.0	4 - 10	270 - 45	B e ASA
Marulho	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Legenda: Hs= Altura Significativa (metros); Tp= Período de Pico (segundos); Dir= Direção (graus); Hmax= Altura Máxima; Tmax= Período Máximo; ASA= Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul; B = Frente Fria ou Baixa Frontal.

FONTES: Pinho, 2003

Tabela 5.1.2.3-11: Parâmetros de Severidade para o estado do mar TR3 na Bacia de Campos.

TR-3	Hs (m)	Tp (s)	Dir (°)	Hmax (m)	Tmax (s)	Dir (°)	Zona de Geração
Vaga	0.25 - 1.0	3 - 5.5	270 - 45	0.25 - 1.0	3 - 5.5	SW - NE	B e ASA
Quasi-Local	1.0	5.5 - 6.5	270 - 45	1.0	5.5 - 6.5	270 - 45	B e ASA
Marulho	2 - 2.5	10 - 12	150 - 200	Até 7 ou +	12 - 15	170 - 220	B

Legenda: Hs= Altura Significativa (metros); Tp= Período de Pico (segundos); Dir= Direção (graus); Hmax= Altura Máxima; Tmax= Período Máximo; ASA= Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul; B = Frente Fria ou Baixa Frontal. FONTES: Pinho, 2003

As ressacas estão intrinsecamente associadas a esses sistemas frontais, pois sua passagem pela região pode ocorrer juntamente com a chegada das ondas que a mesma gerou em baixas latitudes (marulhos). Considera-se, ainda, que o sistema gera ondas na região onde está localizado (vagas). Essas situações, muitas vezes, estão superpostas a uma maré de sizígia e a um empilhamento de água na costa causado pelo vento (maré meteorológica), o que acarreta num efeito sinérgico na incidência de ondas no litoral (Pinho, 2003). Segundo o Sistema de Previsão de Ondas do INPE (SPO - INPE, 2001), no período de abril a setembro é comum ciclones extratropicais se intensificarem sobre o Atlântico Sul e gerarem ondas na superfície do mar que se propagam em direção ao litoral. Os ventos de superfície chegam a valores superiores a 20 m/s em vastas regiões, gerando ondas com alturas acima de 5 m. Estes casos de eventos extremos foram bastante noticiados pela imprensa por causarem acidentes com vítimas ou grandes prejuízos. Como exemplo tem-se uma ressaca ocorrida em todo o litoral brasileiro do Rio Grande do Sul até o Rio de Janeiro entre 30 de maio a 02 de junho de 1999 (Figura 5.1.2.3-17). Foram registradas alturas significativas de ondas acima de 10 metros pelo ondógrafo do IEAPM - Marinha do Brasil (Ribeiro *et al*, 1999). A situação se resumiu no deslocamento de um ciclone intenso para a África, enquanto um novo se formava no litoral do Uruguai. O vento se mostrava com velocidades acima de 18 m/s direcionado para o litoral gaúcho e com previsões de intensificação nos dias seguintes.

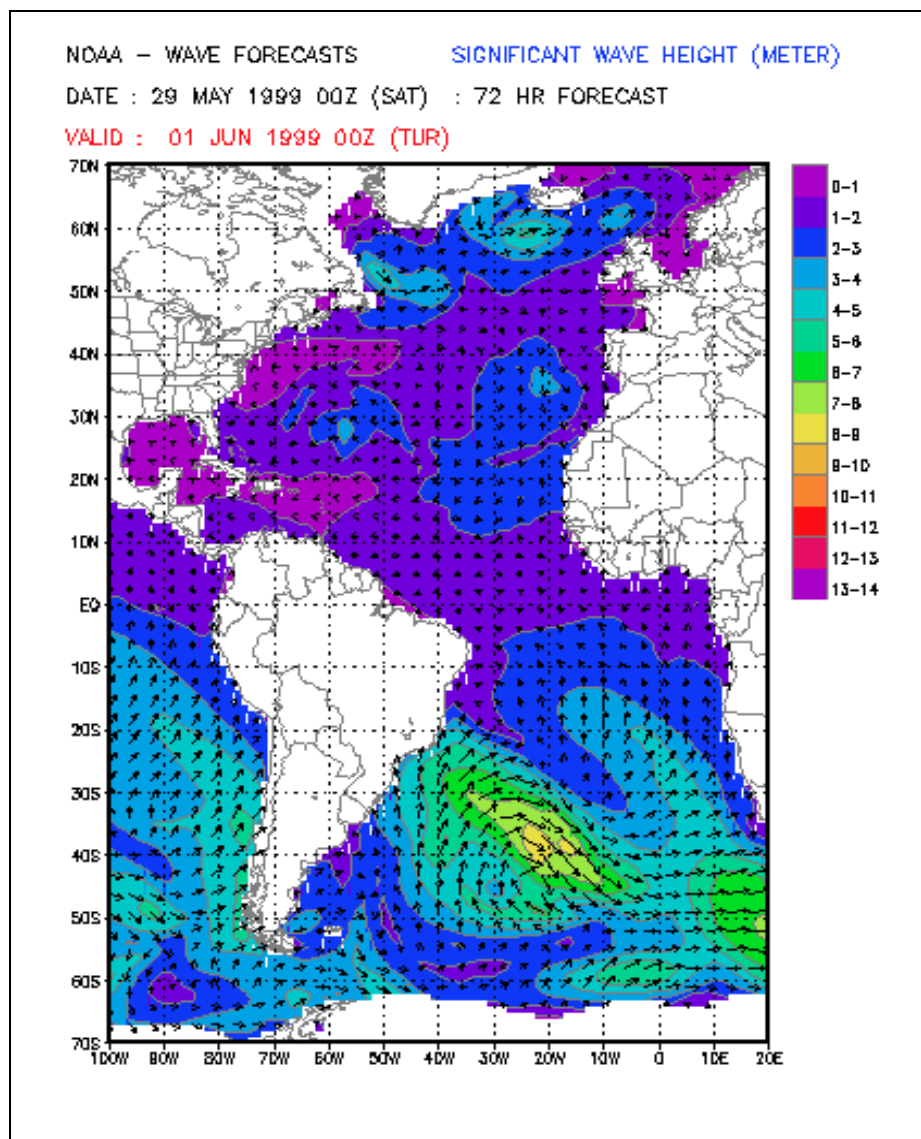


Figura 5.1.2.3-17: Campo de Ondas para o Oceano Atlântico para o dia 01/06/99 demonstrando Alturas Significativas da ordem de 8 a 10m. Fonte: <http://www.atlasul.inpe.br/index.html>.

Ainda, visando um melhor entendimento e auxílio à decisão pode-se lançar mão do campo de alturas significativas do FNMOC, que disponibiliza diariamente os resultados da sua modelagem de ondas para o Oceano Atlântico Sul, podendo-se acessar as previsões para até 144 horas. Um exemplo pode ser observado na Figura 5.1.2.3-18. Novamente nota-se duas direções de onda para a região de interesse, uma de Sul/Sudeste e outra de Nordeste/Leste, possivelmente marulhos e vagas, respectivamente.

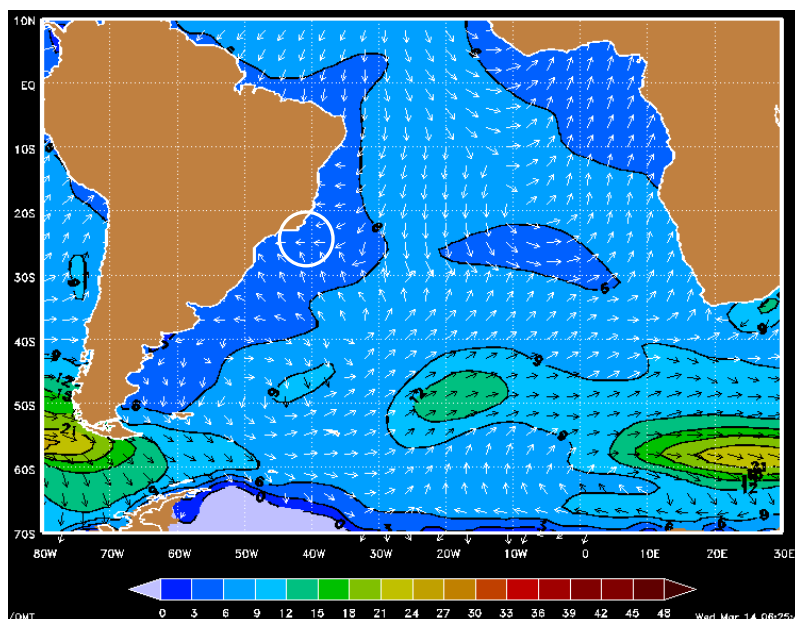


Figura 5.1.2.3-18: Exemplo de resultado de modelagem para o Oceano Atlântico 14/03/2001. Altura de onda em pés (ft). Fonte: <http://www.fnmoc.navy.mil/PUBLIC/>.

5.1.2.4 Marés

São utilizadas entre 18 componentes de maré para as previsões realizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN na costa no Estado do Espírito Santo constando, na tabela abaixo, os valores significativos previstos para o ano de 2002 para o Terminal da Ponta do Ubu (latitude: 20° 44'7S e longitude: 040° 32'7W).

Tabela 5.1.2.4-1: Alturas e variações médias previstas.

DESIGNAÇÃO	NÍVEL(m)
Nível máximo de maré	1,4
Maré astronômica máxima	1,2
Nível médio do mar	0,75
Preamar média de sizígia	1,45
Preamar média	1,2
Baixamar média de sizígia	0,25
Baixamar média	-0,1
Nível mínimo de maré	-0,2
Maré astronômica mínima	0,0
Faixa de variação máxima	1,4
Faixa de variação média	0,7
Faixa variação de sizígia	1,2

Fonte: <http://www.dhn.mar.mil.br>

O perfil médio de variação do nível do mar no litoral sudeste brasileiro é caracterizado como regime semi-diurno de maré, com as alturas determinadas na costa aumentadas em relação às encontradas no oceano profundo. O horário da preamar previsto pela DHN é adiantado de 30 a 40 minutos em relação ao medido localmente.

Para a descrição do regime de marés comparou-se a prevista com a obtida em estudos anteriores, realizados em Macaé (22° 23'S, 41° 47'W) no período de 06/01/92 a 28/04/93 (Harari e Pereira, *In Tommasi, 1994*); em Barra do Itapemirim (21° 00'S, 40° 48'W) no período de 13/03/95 a 04/04/95 e nos marégrafos de Atafona (aproximadamente 21° 40'S, 40° 55'W) (BNDO/DHN/MM); e Cabo Frio a aproximadamente 23° 00'S, 42° 05'W (Romano & Alves, 1992), que apresentam médias mensais das alturas máximas e mínimas de maré registradas ao longo de dez anos. Segundo Franco (1964) valores próximos para altura e tempo previstos das preamares e das baixamars de locais com condições assemelhadas (profundidade, formato da costa e outros) podem ser inter ou extrapolados.

Para a região em estudo é determinada a predominância da maré semi-diurna tendo sido observados em Macaé - RJ e Atafona - RJ as seguintes características de altura apresentadas na Tabela 5.1.2.4-2:

Tabela 5.1.2.4-2: Características de alturas das marés determinadas em Macaé – RJ e Atafona – RJ.

CARACTERÍSTICAS	MACAÉ	ATAFONA
Altura mínima	-0,44	-0,50
Altura média	0,48	0,73
Altura máxima	1,36	1,50

Verifica-se que a curva de distribuição de maré para ambas localidades é assemelhada, com preamares de pouca altura e pequenas amplitudes de variação do nível do mar.

Em Macaé, observou-se a predominância das componentes M_2 e S_2 que atingiram 36,66cm e 19,71cm, respectivamente; encontrando-se ainda a componente diurna O_1 apresentando valores maiores do que 10cm (10,60cm) (Figura 5.1.2.4-1). Para a curta obtenção de dados maregráficos em Barra do Itapemirim - ES detecta-se com precisão somente a componente M_2 , com 48.9 cm (Figura 5.1.2.4-2).

Nas figuras 5.1.2.4-1 e 5.1.2.4-2 são apresentados espectros obtidos por Harari e Pereira (*In Tommasi, 1994*) para Macaé e gerado para a localidade de Barra do Itapemirim.

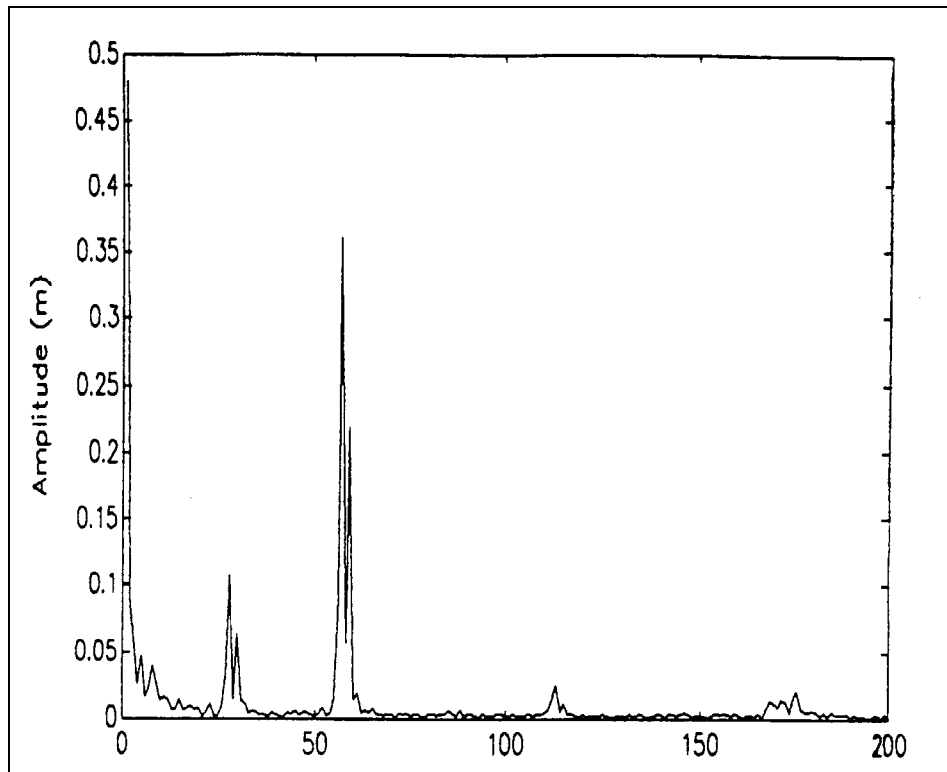


Figura 5.1.2.4-1: Espectro de maré para Macaé no período de 06/01/92 a 28/04/93.
(Fonte: Harari e Pereira, *In Tommasi*, 1994).

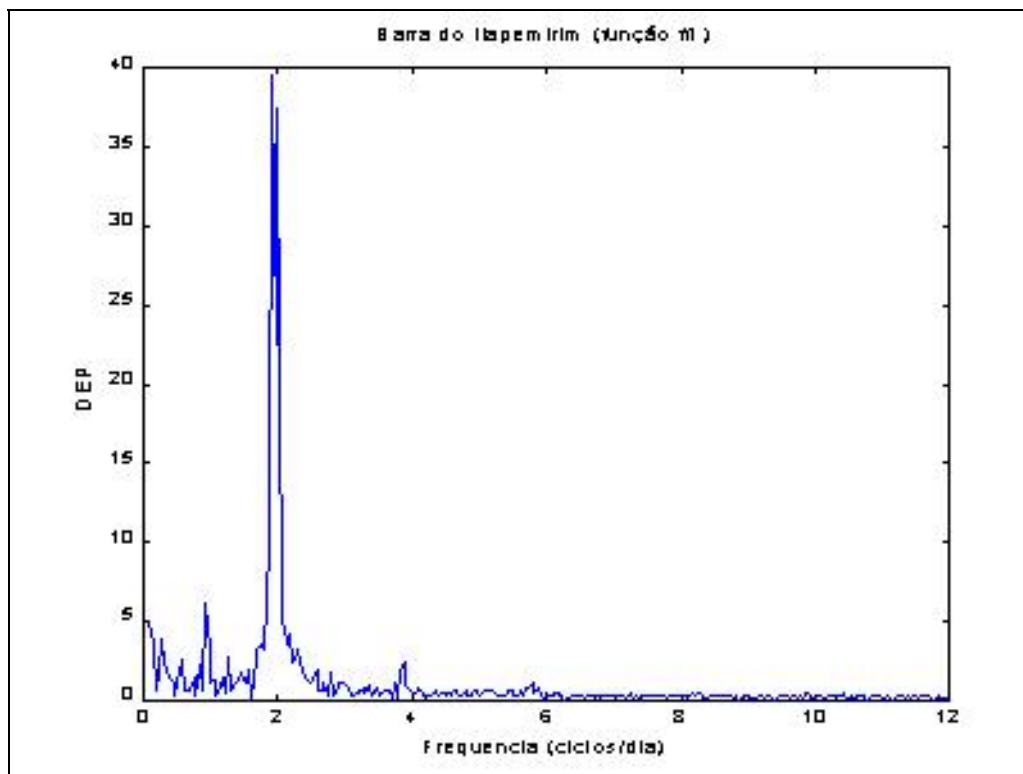


Figura 5.1.2.4-2: Espectro de maré para Barra do Itapemirim no período de 13/03/95 a 04/04/95.

5.1.3 QUALIDADE DA ÁGUA

5.1.3.1 Introdução

O presente estudo foi realizado a partir de dados secundários disponíveis para as Bacias do Espírito Santo, Campos e Santos. Em comparação com a Bacia de Campos, as Bacias do Espírito Santo e de Santos ainda estão no início da fase exploratória. Desta forma, existem poucos estudos que produziram dados primários nesta região. Para o presente trabalho, foram selecionados os seguintes estudos, como fonte de dados:

- Diagnóstico do EVA do bloco BC-60 (relativo a Bacia de Campos), realizado pelo CEPEMAR com dados gerados pelo IB-UFRJ/BioRio;
- Relatórios da PEG/AS sobre as bacias do Espírito Santo, Campos e Santos.

Para melhor caracterizar a área de influência, cuja abrangência vai até a bacia de Santos, foram também consultados outros estudos realizados na Bacia de Campos, conforme citado a seguir.

Muitos dos trabalhos existentes sobre a Bacia de Campos são da autoria do autor deste estudo (campanhas de monitoramento nas plataformas de Pargo, Pampo, FPSO Espadarte, P37, SS-06, P-40, no campo de Roncador, e no bloco BC-60), desta forma alguns dados primários originais destes estudos foram re-organizados para o presente trabalho. O conjunto destas campanhas foi analisado de forma a compor um diagnóstico ambiental para a região do campo de Jubarte. Estes dados foram comparados com outras informações disponíveis na literatura para a mesma região, como o levantamento de dados pretéritos realizados pela BIORIO (Mitchel et al., 1991), os dados primários obtidos pela FUNDESPA (PETROBRAS, 1994), a compilação sobre os resultados de oceanografia química para o Programa REVIZEE feita por Niencheski *et al.* (1999), e os resultados de hidrologia obtidos pelo REVIZEE Score Central nas operações Central 3 (Andrade *et al.*, 1999) e Central 4 (Andrade *et al.*, 2001).

A campanha no bloco BC-60, em fevereiro de 2001, realizada pelo Instituto de Biologia da UFRJ.

As campanhas nas plataformas de Pargo (7.538.400N e 362.850E) e Pampo (7.477.900N e 319.995E) foram realizadas no ano de 1998, como parte do *Programa de Monitoramento Ambiental da Atividade de Produção de Petróleo na Bacia de Campo – Etapa de Pré-Monitoramento* da PETROBRAS (Paranhos, 2001; PETROBRAS, 2001c). As campanhas foram realizadas em base sazonal (verão e inverno), desta forma possibilitando a comparação deste efeito nas amostras. Esta região se encontra em lâmina d'água de cerca de 100-120 metros de profundidade.

A campanha no entorno da Plataforma P-37 (7.513.209N e 387.122E) foi realizada pelo CENPES e UFRJ em junho de 2000, objetivando o monitoramento pré-operacional da unidade (PETROBRAS, 2001b). Este se localiza em águas um pouco mais profundas (cerca de 600 m).

A campanha no entorno do FPSO Espadarte (7.488.000N e 349.922E) foi realizada pela UFRJ/BIORIO em setembro de 2000 (PETROBRAS, 2001a ver Figura 5.1.3.5-1).

A campanha no campo de Roncador (entre 7.565.000 e 7.590.000N, e entre 400.000 e 430.000E) foi realizada pelo CENPES e UFRJ/BIORIO em setembro de 2001 (Paranhos, 2002a ver Figura 5.1.3.5-1).

A campanha no entorno da Plataforma SS-06 (7.488.072N e 327.491E) foi realizada pela UFRJ/BIORIO em novembro de 2001 (Paranhos, 2002b ver Figura 5.1.3.5-1).

A campanha no entorno da Plataforma P-40 (7.506.164N e 390.008E) foi realizada pela UFRJ/BIORIO em novembro de 2001 (Paranhos, 2002c ver Figura 5.1.3.5-1).

Observa-se que no subitem 5.1.3.3 é feita uma breve descrição das metodologias que foram empregadas para a coleta, preservação, análise e controle de qualidade das amostras para todos os parâmetros analisados.

5.1.3.2 Caracterização da Qualidade da Água Marinha

O conhecimento das características químicas da água é de fundamental importância para a compreensão das relações bióticas/abióticas naturais dos ecossistemas aquáticos e dos impactos antrópicos que podem ocorrer sobre estes ambientes. Tal caracterização é realizada através da determinação quantitativa de diversos parâmetros ambientais, dos quais destaca-se a temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, nutrientes inorgânicos, e clorofila *a*. Para atividades relacionadas à exploração *offshore* de petróleo, o conhecimento sobre os níveis naturais e antrópicos de hidrocarbonetos é de fundamental importância. A interação destas informações com as características biológicas permitem importantes interpretações dos aspectos ambientais de uma região.

A área de influência do empreendimento, englobando as Bacias do Espírito Santo, Campos e Santos, situa-se em uma região caracterizada por apresentar clima úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. Essa área apresenta uma intensa dinâmica oceanográfica que acarreta condições específicas à massa d'água local. As correntes marinhas da região apresentam movimentos horizontais (vórtices) e verticais (ressurgência e subsidência), intimamente associados à influência dos ventos e a morfologia do fundo oceânico (PETROBRAS, 1994). Tais movimentos provocam alterações na composição físico-química da massa d'água afetando tanto a estrutura quanto a dinâmica das comunidades biológicas locais. Apesar desses movimentos das massas de água e das fontes de enriquecimento para a região (como a influência continental do rio Paraíba do Sul e os vórtices na cadeia Vitória - Trindade), as águas da Bacia do Espírito Santo mostram-se tipicamente oligotróficas constituindo ambientes limitantes para a produção primária. Por sua vez, a baixa produtividade fitoplanctônica acaba provocando influências diretas na cadeia alimentar da região.

♦ CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)

As concentrações de COT na água são influenciadas por fontes naturais e antropogênicas. Como a região da Bacia do Espírito Santo é caracterizada por baixa produtividade, além de estar distante de fontes terrestres de matéria orgânica, possivelmente as concentrações de COT se encontram nos níveis naturais de águas oceânicas do Atlântico Sul.

De todo os estudos consultados, apenas alguns poucos realizaram a análise de formas químicas de carbono (carbono orgânico dissolvido COD + carbono orgânico particulado COP = TOC), a saber as campanhas no entorno da plataforma de SS-06 e da plataforma P-40, e na campanha no bloco BC-60. Este é um ponto comum, pois praticamente não existem informações específicas sobre a distribuição de carbono orgânico total (nas formas dissolvido e particulado) em escalas local (na região adjacente ao empreendimento) ou regional para toda a Bacia de Campos. Para as bacias do Espírito Santo e de Santos, existem menos estudos ainda, e poucos contemplam o COT.

Os resultados disponíveis nos estudos consultados são caracteristicamente reduzidos, oscilando entre um mínimo de $0,80 \text{ mg.L}^{-1}$ e um valor máximo de $6,0 \text{ mg.L}^{-1}$. Os valores médios observados em cada campanha foram de $2,50 \text{ mg.L}^{-1}$ (superfície) e $3,30 \text{ mg.L}^{-1}$ (a 100 m) no entorno da plataforma de SS-06, e de $2,75 \text{ mg.L}^{-1}$ (superfície) e $3,10 \text{ mg.L}^{-1}$ (a 100 m) no entorno da P-40. Estes valores reduzidos estão de acordo com as características de oligotrofia e conseqüente baixa produtividade primária das três bacias sob a influência do empreendimento.

◆ *FENÓIS*

Não existem limites estabelecidos para fenóis em águas salinas da classe 6 (resolução CONAMA 020/86). Há referência apenas para águas costeiras (classe 5), cujo limite imposto pela legislação brasileira para a concentração de fenóis é de $0,001 \text{ mg l}^{-1}$.

De todo os estudos consultados, apenas alguns poucos realizaram a análise de fenóis. Em nenhuma amostra foi obtido valor mensurável destes fenóis totais, e sempre os valores registrados foram abaixo do limite de detecção do método (em torno de $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$).

No Programa de Pré-Monitoramento da Bacia de Campos, realizado pela Petrobras e focado no entorno das plataformas de produção de Pampo e Pargo, foram coletadas 46 amostras de água no verão e no inverno de 1998 e todos os resultados foram inferiores a $0,010 \text{ mg l}^{-1}$ (Petrobras, 1999), que foi o limite de detecção alcançado pelo método.

Em função deste panorama de resultados, não foram elaborados tabelas e mapas para esta variável, bem como não foi possível descrever qualquer padrão espacial ou sazonal deste parâmetro nas três bacias sob possível influência do empreendimento em questão.

◆ *HIDROCARBONETOS TOTAIS*

As análises dos teores de hidrocarbonetos como os n-alcanos e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA's) nas águas e sedimentos são vitais para o monitoramento ambiental em áreas de exploração petrolífera. Hidrocarbonetos ocorrem em petróleo como uma mistura complexa de homólogos com predominância daqueles com dois anéis (naftalenos) e três anéis (fenantrenos e antracenos). Os HPA's estão presentes, por exemplo, na exaustão de automóveis e óleos lubrificantes usados. Eles são também produzidos durante o refino do petróleo, em usinas termoelétricas e vários outros processos industriais. Os HPA's são alvos dos principais monitoramentos ambientais porque eles são biologicamente ativos, e alguns compostos apresentam ação mutagênica e carcinogênica por vários anos. A análise de HPA's é utilizada como indicadora de contaminação ambiental por derivados de petróleo e junto com as análises de hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP), podem fornecer uma indicação clara da contaminação ou não de determinado ambiente por derivados de petróleo.

Os n-alcenos na água não foram determinados na maioria dos estudos consultados, e apenas os monitoramentos recentes apresentaram dados de n-alcenos em amostras de água oceânica. Em relação à distribuição dos n-alcenos presentes nas amostras de água das Bacias do Espírito Santo e Campos, o padrão mais observado nos estudos consultados é o registro de teores de n-alcenos próximos ao limite de detecção do método (Analytical Solutions, 2002a, b). Os valores registrados por estes estudos estiveram entre 1,3 e 6,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$, e as médias verificadas em superfície foram de 3,7 $\mu\text{g.L}^{-1}$ no entorno da plataforma de SS-06 e 8,7 $\mu\text{g.L}^{-1}$ no entorno da P-40. Estes baixos teores observados não apresentaram perfis cromatográficos característicos de contaminação por hidrocarbonetos provenientes da atividade petrolífera. Em algumas poucas amostras foram registrados n-alcenos leves com perfil de produto refinado de petróleo. Nesse nível de concentração ($\mu\text{g.L}^{-1}$), esses n-alcenos podem ter se originado durante a coleta da amostra, do frasco de armazenagem, durante o processo analítico ou ainda ser reflexo de um tráfego marítimo no local da amostragem.

Em função dos poucos dados existentes, não foi possível traçar nenhum padrão espacial, vertical ou mesmo sazonal para os n-alcenos nas três bacias na área de influência do campo de Jubarte.

◆ **HIDROCARBONETOS POLIAROMÁTICOS – HPA**

As concentrações dos hidrocarbonetos poliaromáticos (HPA's) são representadas em equivalentes de criseno. Alguns dos estudos empregaram a técnica de fluorescência (PETROBRAS, 1994; PETROBRAS, 2001a, b, c), outros aplicaram a técnica de GC-MS (Analytical Solutions, 2002a, b). Os resultados de ambas as abordagens metodológicas apresentam resultados no mesmo padrão, permitindo que sejam comparados entre si, conforme apresentado a seguir.

A partir dos dados levantados nos estudos consultados, pode-se estabelecer um panorama geral para a bacia de Campos, que de uma forma geral se estende para as outras duas bacias abossadas no presente estudo, ou seja, as bacias do Espírito Santo e de Santos, onde os valores de HPA's registrados estão dentro das faixas de concentração características de ambientes não impactados por estes compostos de petróleo, ou seja, valores menores que 2,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Law, 1981; Weber & Bicego, 1991; PETROBRAS, 1994). Outros autores apresentam padrões mais restritivos para caracterizar a contaminação por HPA's em águas marinhas, defendendo um valor limite de 1,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Marchand, 1980; Knap *et al.*, 1986). Já resultados de HPA's acima de 10,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ podem ser atribuídos a ambientes afetados pela introdução antropogênica de hidrocarbonetos de petróleo (PETROBRAS, 1994). Níveis entre 10,0 e 30,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ já foram relatados próximos a plataformas de produção (UNEP, 1991). Apesar de ter sido elaborado com valores médios obtidos em diferentes campanhas, em áreas e épocas diferentes, o mapeamento observado na Figura 5.1.3.2-1, pode indicar a tendência da distribuição dos HPA's na Bacia de Campos. Apesar dos níveis encontrados poderem ser caracterizados como *níveis de base* ou $< 2,00 \mu\text{g.L}^{-1}$, pode existir um gradiente dos maiores valores observados das áreas de produção mais antigas (ao sul) para os menores valores observados na região do campo de Roncador e na área do BC-60, onde a produção de petróleo é mais recente. Todos os valores pesquisados nos estudos citados anteriormente estiveram entre o limite de detecção dos métodos empregados (entre 0,06 e 0,12 $\mu\text{g.L}^{-1}$) até valores da ordem de 2,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$. As análises de HPA's, compreendendo 16 hidrocarbonetos poliaromáticos, mostraram a ausência destes compostos nas amostras d'água das bacias de Campos e do Espírito Santo. De todos os dados disponíveis na literatura, apenas poucos pontos e/ou amostras apresentaram níveis de HPA's maiores que este limite de 2,0 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (ver PETROBRAS, 1994).

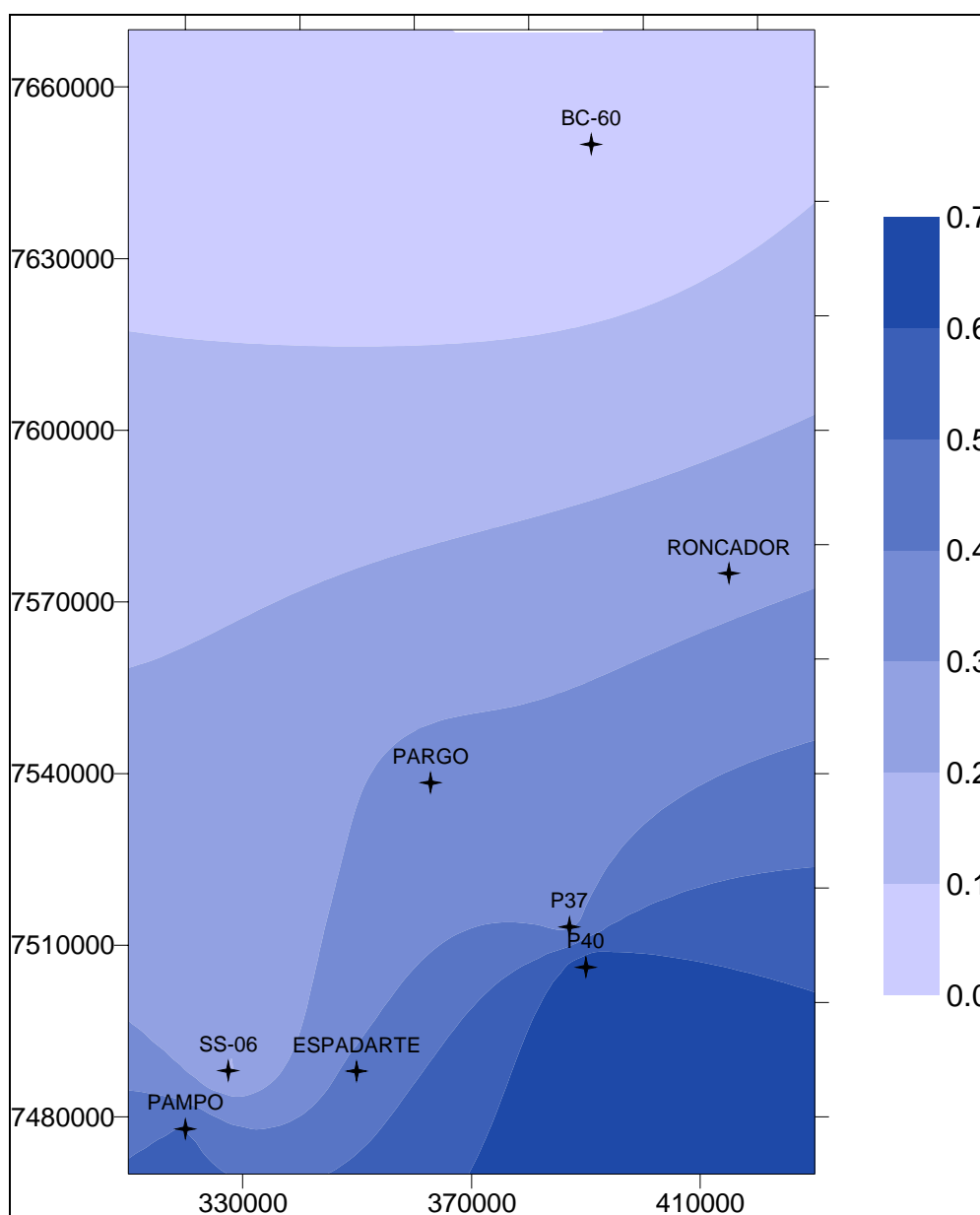


Figura 5.1.3.5-1: Distribuição espacial de HPA's na região sob possível influência do empreendimento, valores de superfície.

Desta forma, os resultados comprovam que o ecossistema aquático das áreas estudadas nas três bacias está dentro da faixa considerada aceitável (ver dados na Tabela 5.1.3.2-1). Se comparados a outros dados disponíveis para o litoral brasileiro, os resultados aqui apresentados também indicam estar dentro do *nível de base* para HPA's em águas oceânicas (PETROBRAS, 1994; PETROBRAS, 2001a, b, c).

Tabela 5.1.3.2-1: Valores médios registrados para os HPA's ($\mu\text{g.L}^{-1}$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

HPA's ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	SS-06	P40
Superfície	0,34	0,51	0,43	0,37	0,19	0,69
100 m	0,31	0,33	X	x	x	x

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

♦ *NUTRIENTES (AMÔNIA, NITRITOS, NITRATOS E FOSFATO, FÓSFORO TOTAL E SILICATO)*

- *ORTOFOSFATO*

O padrão geral observado para o ortofosfato e descrito a seguir pode representar o padrão típico dos elementos nutrientes na região das Bacias do Espírito Santo e de Campos.

As concentrações de ortofosfato em águas oceânicas são usualmente muito baixas (abaixo de $0,5 \mu\text{M}$), e aumentam com a profundidade e em direção às regiões costeiras. Os valores de ortofosfato observados nas campanhas que serviram de base ao presente estudo foram em geral caracteristicamente baixos nas camadas superficiais. Na camada superficial os valores médios oscilaram entre $0,07$ e $0,43 \mu\text{M}$, mas a grande maioria se apresenta abaixo de $0,12 \mu\text{M}$. Como característica marcante da distribuição vertical dos elementos nutrientes na Baía de Campos, os valores vão aumentando em direção as maiores profundidades (Figura 5.1.3.2-2). Desta forma, os valores obtidos nas diferentes profundidades foram significativamente diferentes entre si ($p < 0,01$). Este é o padrão típico de estratificação de elementos nutrientes nos oceanos. A camada superficial é pobre de nutrientes devido à pequena oferta e ao intenso consumo dos produtores primários localizados na zona fótica. Isto condiciona um esgotamento dos elementos nutrientes na zona fótica, em função da demanda da produção regenerada. Já em direção ao fundo, vários fatores contribuem para o aumento dos nutrientes, indo desde a respiração, sedimentação, ciclagem, até a remobilização dos nutrientes no assoalho marinho por correntes e seu transporte para camadas superiores da coluna d'água. Este tipo de padrão é comum para os elementos descritos a seguir. Os valores apresentados para o ortofosfato estão dentro das faixas habitualmente descritas para a mesma região (PETROBRAS, 1994; Andrade et al., 1999; Niencheski et al., 1999).

A região das Bacias do Espírito Santo e de Campos pode ser caracterizada como oligotrófica sob qualquer ponto de vista (Andrade et al., 1999). Esta oligotrofia se caracteriza pelos reduzidos valores dos nutrientes, que naturalmente condicionam a resposta biológica através de pequenas concentrações de clorofila.

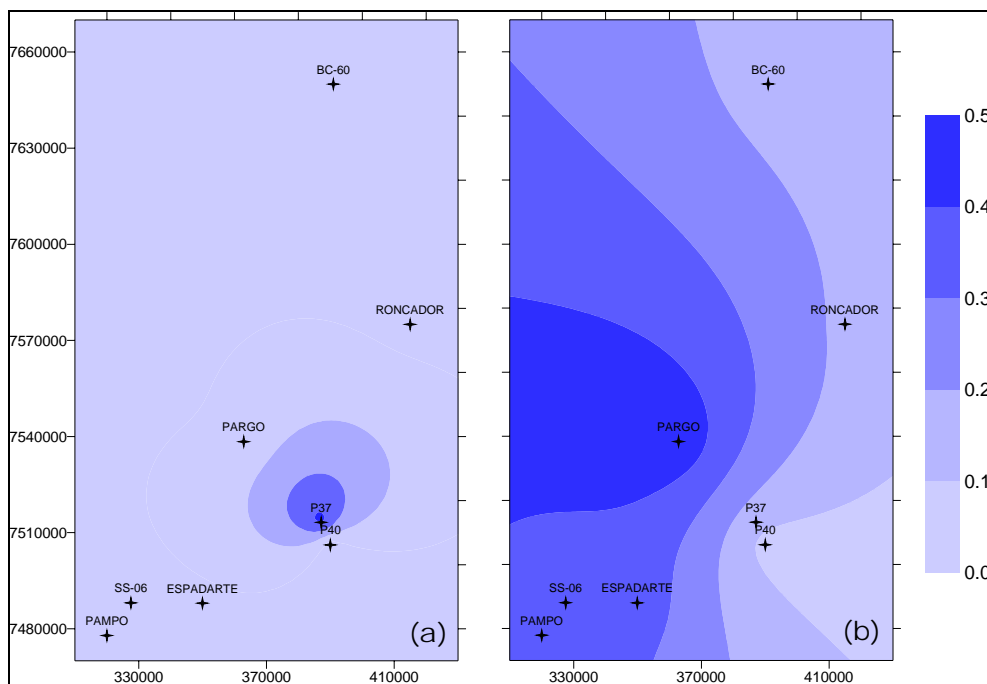


Figura 5.1.3.2-2: Distribuição espacial de ortofosfato na região sob possível influência do empreendimento, valores de superfície (a) e 100 m de profundidade (b).

Tabela 5.1.3.2-2: Valores médios registrados para o ortofosfato ($\mu\text{M P-PO}_4^{3-}$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

P- PO_4^{3-} (μM)	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície	0,12	0,09	0,08	0,43	0,07	0,07	0,05
100 m	0,48	0,39	0,36	x	0,18	0,31	0,07
200 m	X	x	x	x	4,90	x	5,30

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

- FÓSFORO TOTAL

Já considerando o fósforo total, os valores obtidos para este estudo sempre são caracteristicamente maiores que os relatados anteriormente para o ortofosfato (Tabela 5.1.3.2-3). Todos estes resultados estão de acordo com os dados conhecidos para esta área do litoral brasileiro (PETROBRAS, 1994; Andrade et al., 1999; Niencheski et al., 1999). Quanto à distribuição espacial, foi observado um padrão ligeiramente diferente do apresentado pelo ortofosfato na camada de superfície, pois além do núcleo de maior concentração no entorno das coordenadas 7.510.000N e 390.000E, também foi verificado outro na parte sul da área de estudo (Figura 5.1.3.2-3). Na camada de 100 m de profundidade, os padrões espaciais das diferentes formas químicas de fósforo foram basicamente semelhantes: os maiores valores foram observados na parte oeste, pois nesta região as amostras foram obtidas próximas ao fundo, desta forma com maiores concentrações de nutrientes. Nesta parte da Baía de Campo e nestas isóbatas os valores de nitrato indicam a influência da ACAS.

Tabela 5.1.3.2-3: Valores médios registrados para o fósforo total ($\mu\text{M P}$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

P total (μM)	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície	0,25	0,27	0,32	0,64	0,57	0,63	0,61
100 m	0,65	0,55	0,71	x	0,58	0,54	0,41
200 m	X	x	X	x	0,80	x	0,50

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

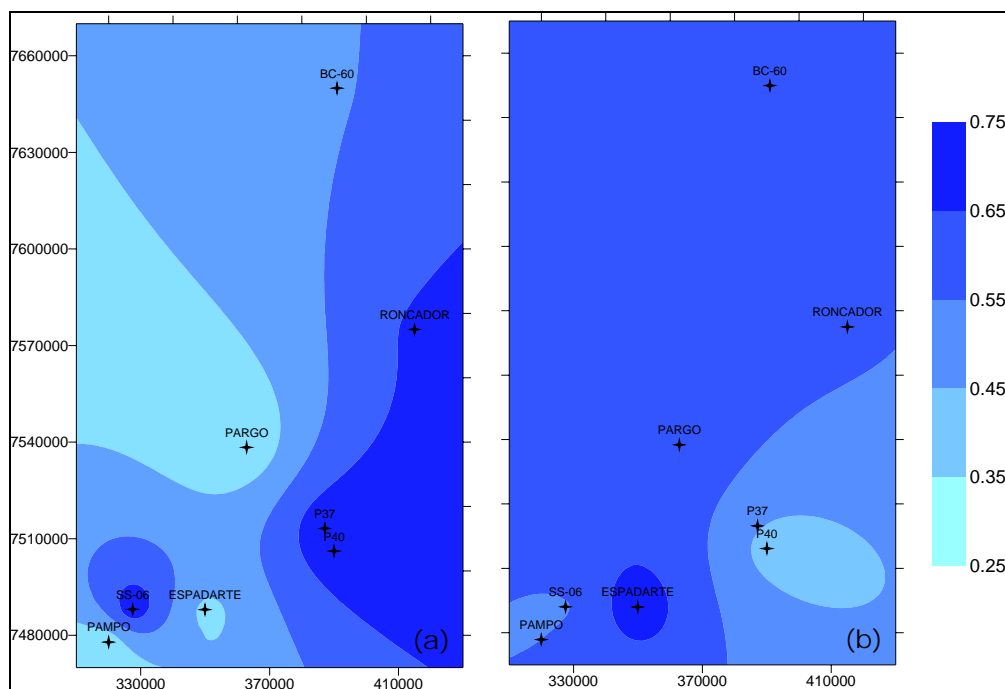


Figura 5.1.3.2-3: Distribuição espacial de fósforo total na região sob possível influência do empreendimento, valores de superfície (a) e 100 m de profundidade (b).

Da mesma forma como descrito para o ortofosfato, o padrão de distribuição vertical observado também foi a estratificação típica dos nutrientes nos oceanos. Então os valores nas diferentes profundidades também foram significativamente diferentes ($p < 0,01$). Portanto, foi também caracterizada uma distribuição vertical estratificada tipicamente oceânica para os dados de fósforo total.

- NITROGÊNIO AMONIACAL

O nitrogênio amoniacal ($\text{N-NH}_3/\text{N-NH}_4^+$) é um gás incolor a temperatura e pressão ambiente (Who, 1986). Por ser lipossolúvel, a fração N-NH_3 é a espécie nitrogênio amoniacal tóxica aos peixes e outros organismos marinhos. A determinação dos níveis de nitrogênio amoniacal pode ser empregada para avaliar a contaminação das águas, uma vez que esse composto constitui um excelente indicador de poluição recente (Paranhos, 1996).

Poucos têm sido os estudos que objetivaram avaliar as concentrações desse parâmetro abiótico na área das Bacias do Espírito Santo e de Campos. Como característica comum entre estes estudos, a amônia não foi detectada na maioria das amostras coletadas nesta campanha, apesar da sensibilidade ($0,05 \mu\text{M}$) do método empregado pela UFRJ. Apenas em algumas poucas amostras são percebidos níveis mensuráveis deste elemento nutriente. Este padrão é usualmente relatado para esta região das Bacias do Espírito Santo e de Campos, onde poucos e esparsos valores são registrados e em geral são muito próximos do limite de detecção do método. Estes resultados estão de acordo como os trabalhos de PETROBRAS (1994), Andrade et al. (1999) e Niencheski et al. (1999) para a mesma região, onde a amônia em geral não é detectada. Isto pode indicar a mineralização do nitrogênio nesta região, e seu consumo pelos produtores primários. Desta forma, não foram elaborados gráficos e mapas de isolinhas para a amônia.

- NITRITO

O nitrito (N-NO_2^-) ocorre como composto intermediário na água por ser menos estável durante a redução microbiana. Este composto pode ser excretado pelos organismos fitoplanctônicos durante períodos de abundante nutrição, porém altas concentrações no meio podem indicar poluição ambiental.

Nos resultados dos projetos organizados para o presente estudo, os valores observados para o nitrito estiveram entre não detectável ($<0,02 \mu\text{M}$) e $0,11 \mu\text{M}$, e portanto na mesma faixa dos valores relatados por PETROBRAS (1994), Niencheski *et al.* (1999) e Andrade *et al.* (1999) para a mesma região. Como observado em outras regiões do litoral brasileiro, o nitrito pode ser uma exceção ao padrão típico da distribuição oceânica estratificada dos nutrientes (Tabela 5.1.3.2-4). Desta forma, os valores entre as diferentes profundidades não foram significativamente diferentes, ao contrário do observado para os outros nutrientes. Em função deste comportamento atípico, pode ser esperada uma maior variabilidade para os dados de Nitrito. Para a área localizada próxima ao Cabo de São Tomé, Andrade et al. (1999) relataram concentrações entre $0,04$ e $0,37 \mu\text{M}$, com valores crescentes em relação ao aumento da profundidade. Esse padrão sugere um aumento relativo nas atividades de mineralização e/ou incremento na assimilação nas profundidades mais rasas, onde a fotossíntese não é limitada pela luminosidade. Niencheski et al. (1999) descreveram concentrações de nitrito variando de não detectável a $3,00 \mu\text{M}$ como normais para regiões oceânicas.

Como os valores de nitrito foram muito baixos, e variando em uma faixa muito pequena (entre $<0,02$ e $0,11 \text{ M}$), não foram elaborados mapas de isolinhas para esta variável.

Tabela 5.1.3.2-4: Valores médios registrados para o nitrito ($\mu\text{M N-NO}_2^-$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

N-NO ₂ ⁻ (μM)	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície	0,02	0,02	0,04	0,05	0,02	<0,02	0,04
100 m	0,04	0,05	0,06	x	0,11	0,15	0,10
200 m	X	x	x	x	0,05	x	0,06

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

- NITRATO

O nitrato (N-NO_3^-) representa o produto final da oxidação dos compostos nitrogenados na água. Em muitas áreas marinhas, esse composto pode ser considerado como nutriente limitante da produção primária na zona eufótica. Suas concentrações são influenciadas pelo transporte advectivo nas camadas superiores, pela oxidação microbiana, pela captação através dos produtores primários e pelo aporte continental.

A distribuição espacial dos valores médios de nitrato foi muito semelhante a obtida para o ortofosfato (Tabela 5.1.3.2-5), onde existe um núcleo de maior concentração no entorno das coordenadas 7.510.000N e 390.000E. Já na camada de fundo, foi observado o mesmo tipo de padrão espacial descrito anteriormente: os maiores valores foram observados na parte oeste, pois nesta região as amostras foram obtidas próximas ao fundo, desta forma com maiores concentrações de nutrientes. Nesta parte da Bacia de Campo e nestas isóbatas os valores de nitrato indicam a influência da ACAS.

Os valores de nitrato organizados para o presente estudo indicaram, conforme esperado, o padrão típico de distribuição estratificada para os nutrientes nos oceanos. Os valores médios observados estiveram entre 0,17 e 7,17 μM , naturalmente com grande variabilidade. Os valores obtidos nas várias profundidades foram significativamente diferentes entre si ($p < 0,01$). Todos os valores de nitrato registrados nos diferentes estudos consultados estiveram nos mesmos níveis dos relatados por estudos anteriores nas Bacias do Espírito Santo e de Campos (PETROBRAS, 1994; Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999). Como comumente é observado, o nitrato foi a forma química de nitrogênio inorgânico predominante na região.

Tabela 5.1.3.2-5: Valores médios registrados para o nitrato ($\mu\text{M N-NO}_3^-$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

N-NO ₃ ⁻ (μM)	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície	2,62	2,37	1,01	4,50	0,68	0,87	0,82
100 m	7,17	5,72	1,84	x	0,98	1,52	0,87
200 m	X	x	x	x	2,20	x	1,45

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

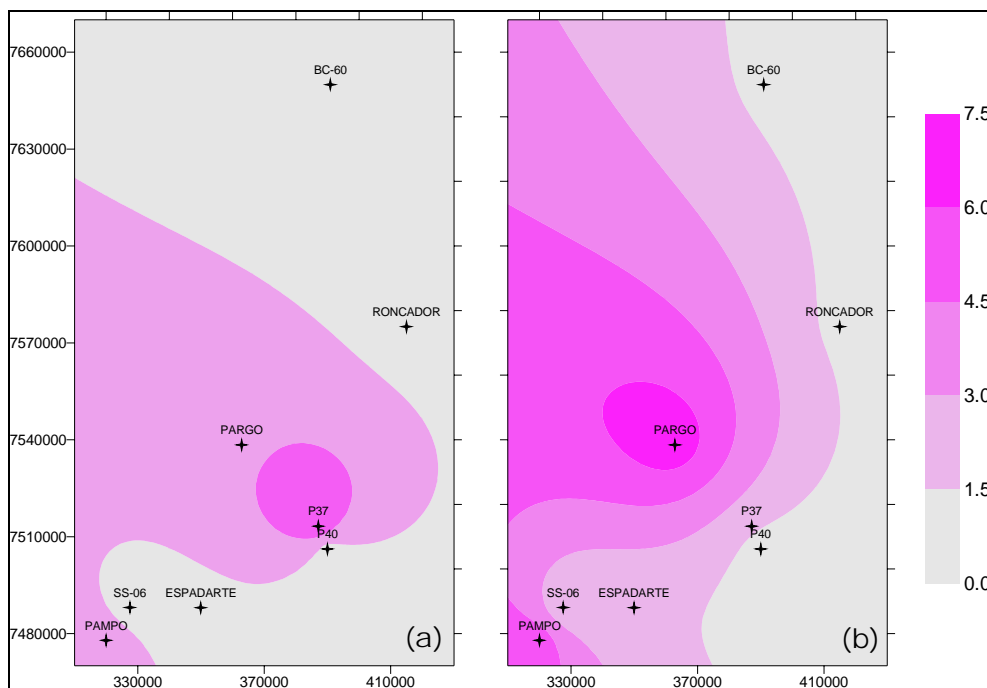


Figura 5.1.3.2-4: Distribuição espacial de nitrato na região sob possível influência do empreendimento, valores de superfície (a) e 100 m de profundidade (b).

- SILICATO

As formas químicas de silício nos oceanos encontram-se principalmente como íons silicatos. É um elemento extremamente importante para as diatomáceas, um dos grupos mais abundantes do fitoplâncton, representando um nutriente essencial para o desenvolvimento desses organismos. Apesar da importância, poucos são os trabalhos disponíveis na literatura relacionados à presença de silicatos na região da Bacia do Espírito Santo, sendo que a maior parte dos dados disponíveis se originaram de estudos realizados na Bacia de Campos.. Andrade *et al.* (1999) analisando esse nutriente na área próxima ao Cabo de São Tomé observou valores que variaram entre não detectável e 20 μM e que diminuíram de acordo com o aumento da profundidade. Esses resultados estiveram na faixa entre não detectável e 30 μM , estabelecida por Niencheski *et al.* (1999) como sendo de valores normais de silicato em regiões oceânicas.

As concentrações de silicato em águas de superfície são usualmente baixas, devido ao consumo pelo fitoplâncton, e podem aumentar com a profundidade e na direção de regiões costeiras. Para o silicato, foi observado o nítido padrão de distribuição típica de nutrientes em oceanos já descrito para esta região da costa brasileira (PETROBRAS, 1994; Andrade *et al.*, 1999; Niencheski *et al.*, 1999). Os resultados aqui apresentados também se encontram nos mesmos níveis dos relatados nestes estudos anteriores. No presente estudo, este tipo de padrão de estratificação foi característico para quase todos os nutrientes, e para o silicato os valores médios apresentados na Tabela 5.1.3.2-6 caracterizam este padrão vertical e a diferença significativa ($p < 0,01$) entre os valores obtidos nas diferentes profundidades. Tal qual outros nutrientes, o silicato reativo apresentou grande variabilidade, e os valores médios registrados oscilaram entre 0,49 a 6,21 μM (Tabela 5.1.3.2-6).

Considerando a distribuição espacial, os dados médios de silicato apresentaram o mesmo tipo de padrão descrito para os outros elementos nutrientes. Isto é identificado pelo núcleo de maior concentração na região da P-40 e P-37 na camada de superfície. Já no estrato de 100 m de profundidade, foi observado o mesmo padrão de maiores valores na área mais a oeste, que coincide com a região mais rasa.

Tabela 5.1.3.2-6: Valores médios registrados para o silicato ($\mu\text{M Si-SiO}_2^-$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

Si-SiO ₂ ⁻ (μM)	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície	3,40	4,01	2,66	4,55	0,84	0,81	0,67
100 m	6,21	6,00	6,78	x	0,84	1,55	0,49
200 m	X	x	x	x	1,37	x	0,88

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

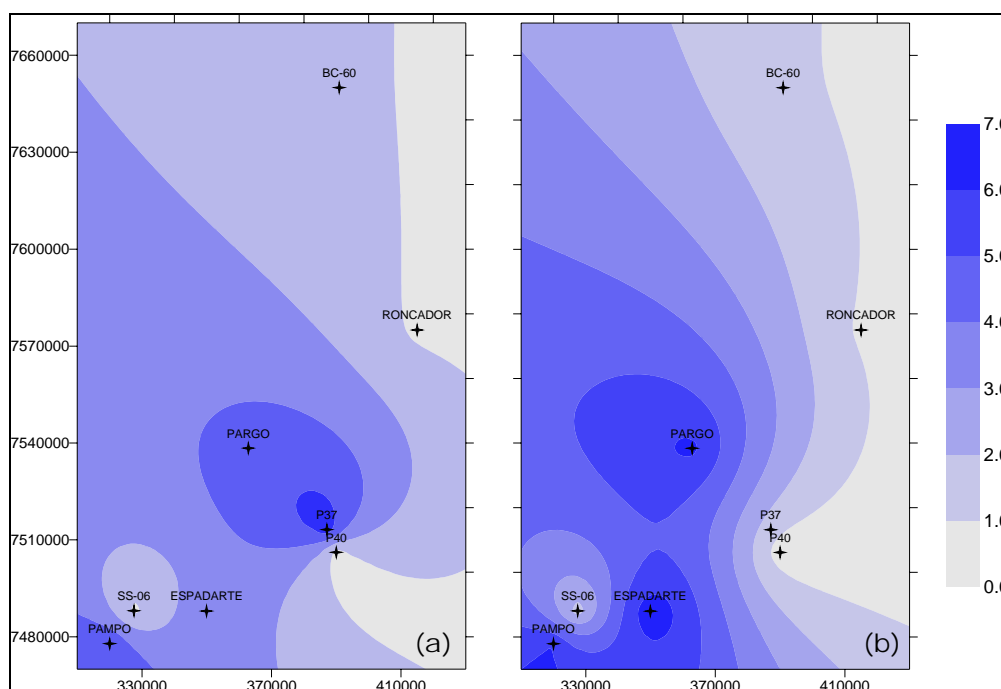


Figura 5.1.3.2-5: Distribuição espacial de silicato na região sob possível influência do empreendimento, valores de superfície (a) e 100 m de profundidade (b).

- OXIGÊNIO DISSOLVIDO

De uma forma geral, o padrão geral da Bacia de Campos em relação à oxigenação das águas se reflete nos valores habituais de regiões oceânicas oligotróficas. A maioria dos valores relatados na literatura indica níveis médios ou elevados de oxigênio. Segundo os estudos existentes, a maior parte dos valores de oxigênio oscila entre 3,0 e 6,0 mL.L⁻¹ (PETROBRAS, 1994; PETROBRAS, 2001a, b, c; Paranhos, 2002a, b, c – ver Tabela 5.1.3.2-7). Não existe nenhum padrão espacial claramente identificado para o oxigênio para as bacias estudadas (Figura 5.1.3.2-6), e os dados observados nas regiões costeiras são equivalentes aos resultados obtidos em locais mais afastados da costa, nas regiões de maiores profundidades. Os resultados relatados por Andrade *et al.* (1999)

também indicam o mesmo padrão para a bacia do Espírito Santo, mas em função da maior malha amostral pode ser verificada a influência dos rios, e com isto alguns valores mais baixos foram relatados nas regiões mais costeiras. Segundo a compilação feita por Niencheski *et al.* (1999), todos os valores aqui citados estiveram dentro da faixa de variações esperadas para esse parâmetro abiótico, que foram estabelecidas como sendo de 1,00 a 7,00 mL.L⁻¹. Corroborando este padrão de homogeneidade e boa oxigenação, as médias relatadas para o percentual de saturação estão na faixa de 85 – 95%.

Tabela 5.1.3.2-7: Valores médios registrados para o oxigênio dissolvido (mL.L⁻¹), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

OD (mL.L ⁻¹)	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície	4,9	4,7	4,7	5,1	4,5	5,6	5,6
100 m	4,6	4,6	4,4	x	4,4	5,5	5,7
200 m	X	x	x	x	4,9	x	5,3

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

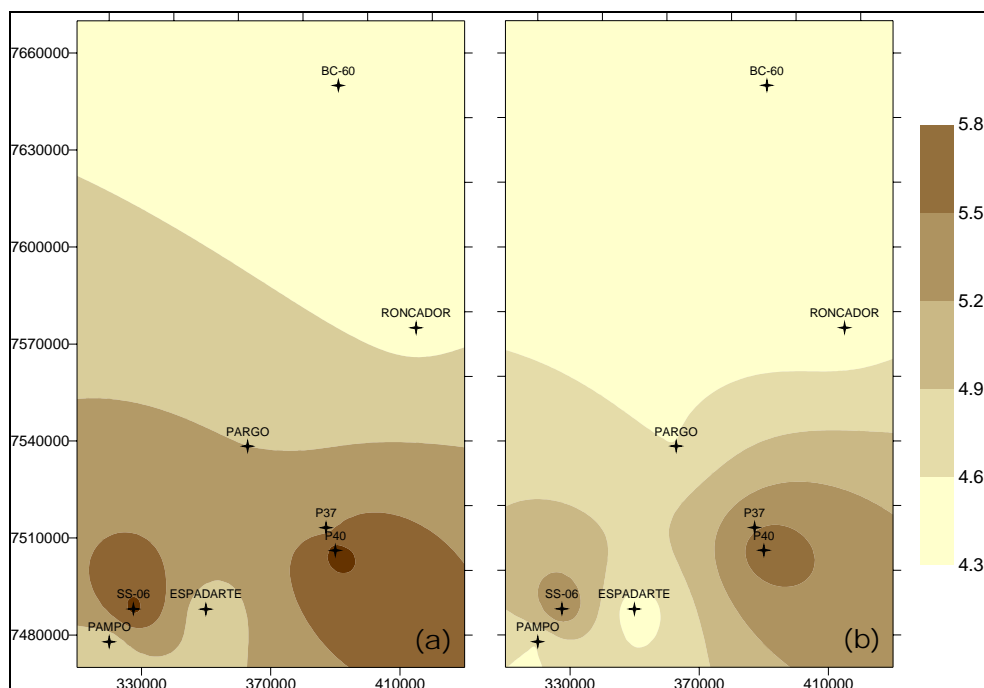


Figura 5.1.3.2-6: Distribuição espacial de oxigênio dissolvido na região sob possível influência do empreendimento, valores de superfície (a) e 100 m de profundidade (b).

Já em relação à distribuição temporal, não foi possível estabelecer claramente qualquer padrão de sazonalidade para os dados de oxigênio dissolvido. Quanto à distribuição vertical, em geral os estudos caracterizam que nas camadas superficiais são ligeiramente mais oxigenadas, e normalmente isto é atribuído à atividade biológica (i.e., produtividade primária). Desta forma, nas camadas superficiais são esperados os maiores valores para o percentual de saturação do oxigênio, e este aspecto foi claramente observado para as plataformas de Pargo e Pampo em 1998 (Paranhos, 2001). Nas camadas superficiais também pode ser observada uma maior variabilidade nos valores de oxigênio, devido às trocas gasosas na interface ar-água e aos diversos fenômenos biológicos que

ocorrem na superfície. Mas como pode ser observado nos dados resumidos na Tabela 5.1.3.2-7, os maiores valores são observados aleatoriamente tanto nas camadas superiores quanto nas águas mais profundas.

- pH

Os valores de pH não devem apresentar grandes ou significativas variações no meio ambiente oceânico em função do forte tamponamento da água do mar. Em todas as diferentes campanhas oceanográficas organizadas para este estudo, os valores de pH não foram encontrados com grande variabilidade. Os menores valores obtidos foram na faixa de 7,70, enquanto os maiores estiveram um pouco acima de 8,25.

Não foi observado nenhum tipo de padrão espacial se consideradas as diferentes campanhas (Tabela 5.1.3.2-8). Isto pode ser atribuído a pouca variabilidade natural do pH no meio oceânico, e mesmo as variações devem ser observadas em uma escala temporal mais restrita do que a abordada pelo diferentes projetos fonte dos dados deste estudo. Em função desta mínima variabilidade não foram apresentados mapas de isolinhas para o pH.

Tabela 5.1.3.2-8: Valores médios registrados para o pH, a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

pH	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície	8,08	8,07	8,01	8,10	8,19	8,13	8,18
100 m	7,81	7,86	7,81	x	7,84	8,07	8,06
200 m	X	x	x	x	7,70	x	7,87

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

- SULFETOS

Como o descrito para os fenóis, de todo os estudos consultados, apenas alguns poucos realizaram a análise de sulfetos, a saber as campanhas no entorno da plataforma de SS-06 e plataforma P-40. Em ambos estes casos, os valores medidos foram bastante baixos, oscilando entre valores não detectáveis (<0,2 mg.L⁻¹ – a grande maioria dos resultados) até um máximo de 1,60 mg.L⁻¹ em P-40 e um máximo de 2,80 mg.L⁻¹ em SS-06.

Em função deste panorama de resultados, não foram elaborados tabelas e mapas para esta variável, bem como não foi possível descrever qualquer padrão espacial ou sazonal.

- CLOROFILA *a*

A determinação quantitativa da fração produtora dos meios aquáticos é de grande importância para o estudo e compreensão dos fenômenos ecológicos de tais sistemas. Essa avaliação, realizada através de métodos químicos constitui uma técnica simples, rápida e bastante eficiente para quantificação da biomassa fitoplanctônica. A clorofila *a* é o pigmento mais utilizado para essa finalidade devido a sua expressiva representatividade nas populações do fitoplâncton (UNESCO, 1980). A clorofila *a* pode representar a resposta biológica às condições ambientais, os valores observados geralmente refletem a oligotrofia da região oceânica das três bacias que caracterizam a

área de influência do empreendimento em qualquer época do ano (Andrade et al., 1999; Niencheski et al, 1999).

De uma forma geral, todos os estudos realizados nesta região indicaram valores observados na faixa entre não detectável (por volta de $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$) até $0,50 \mu\text{g L}^{-1}$. Desta forma é comum o registro de grande variabilidade nos dados de clorofila *a*, muitas vezes com coeficientes de variação maiores que 50%. Nos estudos consultados, os maiores valores quase sempre foram registrados acima da termoclina (Tabela 5.1.3.2-9 e Figura 5.1.3.2-7). Como habitualmente registrado nesta região oceânica, os maiores valores de clorofila em geral não são observados na superfície (PETROBRAS, 1994; Andrade et al., 1999; Niencheski et al., 1999). Este padrão de estratificação é relatado em vários trabalhos (Bonecker et al., 1992; PETROBRAS, 1994; Andrade et al., 1999; Niencheski et al., 1999; Bassani et al., 1999), com os maiores valores observados nas camadas abaixo da superfície, podendo indicar uma estrutura de comunidades fitoplanctônicas com características notadamente oceânicas. Cabe ressaltar a ausência de dados relacionados à clorofila *a* em profundidades maiores que 200 metros. A partir desta profundidade a pouca ou nenhuma disponibilidade de luz limita o crescimento das populações fitoplanctônicas, e virtualmente não deverá existir clorofila *a*. Uma conjunção de fenômenos oceanográficos condiciona esta característica, discutida a seguir.

Tabela 5.1.3.2-9: Valores médios registrados para a clorofila *a* ($\mu\text{g L}^{-1}$), a partir dos dados originais obtidos nas diferentes campanhas.

Clorofila <i>a</i> $\mu\text{g.L}^{-1}$	Pargo	Pampo	Espadarte	P37	Roncador	SS-06	P40
Superfície	0,35	0,29	0,42	0,19	0,08	0,07	0,09
100 m	0,13	0,03	0,17	x	0,07	0,18	0,23
200 m	x	x	x	x	<0,02	x	<0,02

x dado não existente, em geral devido à profundidade local.

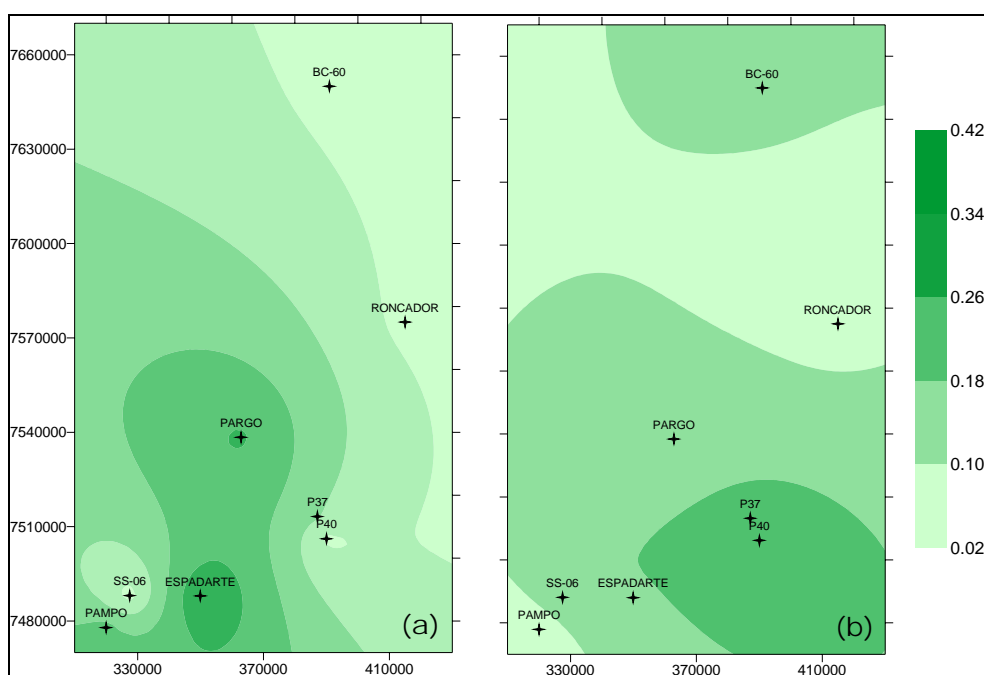


Figura 5.1.3.2-7: Distribuição espacial de clorofila *a* nitrato na região sob possível influência do empreendimento, valores de superfície (a) e 100 m de profundidade (b).

Esta região do estrato vertical (ou seja, este máximo sub superficial de clorofila), localizada por volta da termoclina, é uma interessante parte do ecossistema oceânico. Na camada superficial da coluna d'água existe uma grande abundância de luz, mas os processos biológicos são limitados pela escassa oferta de elementos nutrientes. Nas camadas próximas à superfície predomina a influência da Água Tropical da Corrente do Brasil, quente e oligotrófica, que determina a estrutura do ecossistema baseado em processos regenerativos. Os baixos valores para a taxa N/P observado nas amostras obtidas nas camadas superficiais estão de acordo com esta premissa. Já nas camadas mais profundas estes elementos nutrientes são abundantes, mas isto ocorre abaixo da zona fótica e então não há fotossíntese.

Nesta parte do oceano Atlântico sudoeste, que engloba as Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo, são conhecidos os processos de intrusão de águas profundas (ACAS), trazendo sua contribuição de águas frias e ricas em nutrientes. A junção destas diferentes características ocorre nas eventuais interfaces de contato entre estas massas d'água, muitas vezes provocadas por vórtices ciclônicos (Mascarenhas et al., 1971; Campos et al., 1995; Kampel et al., 2000). Este tipo de cenário é bastante conhecido em oceanografia, tendo sido descrito por Dugdale (1967) para regiões tropicais e sub tropicais: uma região onde os nutrientes das camadas profundas são disponibilizados em regiões mais rasas, onde existe luminosidade o bastante para favorecer a fotossíntese. É, portanto, uma região onde luz e nutrientes se encontram em condições mais satisfatórias para a fotossíntese que nas camadas localizadas acima e abaixo na coluna d'água. Desta forma, nestes locais em geral são formados os denominados "máximos sub superficiais de clorofila", regiões responsáveis por significativa parte da produtividade primária de toda a coluna d'água (PETROBRAS, 1994; Andrade et al., 1999; Niencheski et al., 1999).

Nestas bacias, os vórtices causam ascensão da camada rica em nutrientes (proveniente da ACAS no fundo) com fertilização da zona eufótica (Campos et al., 1995), e o conseqüente aumento da produtividade primária (Gaeta et al., 1999). Já foi relatado que nesta região este processo substitui a produção regenerada típica das águas tropicais oligotróficas pela produção nova baseada no consumo do nitrato (Metzler et al., 1997), formando verdadeiros "oásis" de produtividade no oceano. A profundidade destes máximos sub-superficiais de clorofila tende a aumentar nas áreas de maior profundidade local. Estas importantes regiões não são detectadas por técnicas remotas, como as imagens de clorofila de superfície geradas por satélites. Como podem ser uma das principais fontes de energia para o funcionamento do ecossistema oceânico desta região do oceano Atlântico Sudoeste, justificam-se os esforços no seu estudo.

5.1.3.3 Procedimentos de Amostragem, Preparo e Análise de Amostras

◆ *COLETA E ANÁLISES REALIZADAS A BORDO*

Nos estudos realizados pela equipa de Instituto de Biologia da UFRJ, os parâmetros temperatura e salinidade foram obtidos, em cada profundidade, através do CTD. As amostras de água foram coletadas com uma garrafa de Niskin de 10 L (General Oceanics[®], revestida com teflon) em cada profundidade amostrada. A primeira sub amostra a ser drenada da garrafa de coleta destinou-se à determinação do teor de Oxigênio Dissolvido. Esta alíquota foi colocada num frasco de DBO de 300 mL e imediatamente (5 minutos no máximo) determinada por titulação – método de Winkler (CNEOX, 1983). O pH foi imediatamente (15 minutos no máximo) determinado em um potenciômetro modelo Corning[®] Digital pH-10 Chekmite, e calibrado com tampões de pH 7,0 e

10,0, segundo o descrito por Grasshoff et al. (1983). Em seguida foi drenada a sub amostra para a determinação de nutrientes. Esta foi colocada num frasco de polipropileno de 1000 mL, frasco este previamente lavado com HCl 1:1 e abundantemente lavado com água ultra-pura (Milli-Q[®] Gradient UV). As amostras para as determinações de nutrientes foram imediatamente (5 minutos no máximo) congeladas em freezer.

Para a determinação de clorofila a, uma sub amostra foi coletada em frasco plástico verde de 2000 mL e imediatamente (15 minutos no máximo) filtrada. A filtração a vácuo foi realizada sob pressão máxima de 250 mmHg, em membranas de celulose Millipore[®] HAWP com poros de 0,45 µm. Durante todo o procedimento de coleta e filtração, as amostras foram protegidas da luz. Os filtros foram colocados em tubos crioviais e em seguida congelados e armazenados em galão de nitrogênio líquido.

Para a determinação do material particulado em suspensão uma sub-amostra foi coletada em frasco de polipropileno e rapidamente (1 hora no máximo) filtrada. A filtração a vácuo foi realizada sob pressão máxima de 250 mmHg, em filtros de fibra de vidro Whatman GF/F. Estes filtros foram previamente identificados, pesados em laboratório e acondicionados em placas de Petri individuais. Durante todo o procedimento de coleta e filtração, as amostras foram protegidas da luz. Os filtros foram guardados nas suas respectivas placas de Petri, armazenados em frasco plástico escuro contendo sílica gel, dentro de geladeira.

♦ ANÁLISES EM LABORATÓRIO

Para todos os métodos empregados, as amostras foram analisadas em triplicata. O ortofosfato reativo foi determinado pelo método fosfomolibídico (Grasshoff et al., 1983). Para o fósforo total, as amostras foram digeridas em meio ácido com persulfato de potássio, e determinadas pelo método anterior. O nitrogênio amoniacal (N-NH₃+N-NH₄⁺, a partir de agora denominado simplesmente de amônia) foi determinado pelo método do azul de indofenol (Parsons et al., 1984). O nitrito foi determinado pelo método da diazotação (Grasshoff et al., 1983). O nitrato foi determinado por redução em coluna de Cd-Cu seguido de diazotação (Grasshoff et al., 1983), tendo sido analisado via análise por injeção em fluxo. O silicato foi determinado pelo método silicomolibídico (Grasshoff et al., 1983). Os métodos colorimétricos foram executados em espectrofotômetro UV-Vis Perkin-Elmer Lambda 20, com duplo feixe ótico e em cubetas de 10 cm de percurso ótico. O limite de detecção dos métodos foi estimado como sendo três vezes o desvio padrão dos brancos, multiplicado pelo fator de calibração. Não foi disponível padrão certificado para a determinação de amônia, e o limite de detecção para este ensaio foi estimado em 0,05 µM.

A clorofila *a* foi determinada após extração em acetona 90% por 18 horas a 4°C, e tanto as medidas, em espectrofotômetro e fluorímetro Turner Designs[®] TD-700, quanto os cálculos foram feitos pelos procedimentos e pelas equações descritas por Parsons et al. (1984), em ambas as opções de detecção com enfoque de metrologia (Matos, 2001; Paiva, 2001). Os aparelhos foram calibrados com clorofila *a* pura (Sigma[®] C-6144), e o limite de detecção para este ensaio foi de 0,02 µg.L⁻¹ (Matos, 2001).

Os dados de carbono orgânico total disponíveis nas mesmas campanhas especificadas na Figura 5.1.3.1 foram re-organizados da mesma forma que os outros dados. Estas informações foram produzidas pelo laboratório de Ciências Ambientais da Universidade do Norte Fluminense. Os

procedimentos foram executados com descrito a seguir, e o carbono orgânico total (COT) calculado pela soma das frações COP + COD.

A partir de amostras concentradas em filtros Whatman GF/F, foram obtidas as concentrações de Carbono Orgânico Particulado, através de combustão em Analisador Elementar CHNS/O Perkin Elmer 2400 Series II. Os filtros, previamente mantidos em atmosfera ácida por 24 horas para exclusão do carbono inorgânico, foram oxidados a 925°C com O₂ ultrapuro. Os produtos da combustão, uma mistura de CO₂, NO_x e H₂O, foram carreados por um gás inerte (He ultra-Puro) para uma coluna de redução mantida a 640°C. Em um outro compartimento, os constituintes da mistura de gases foram separados através de uma coluna cromatográfica e detectados em função das suas termo-condutividades.

O equipamento foi calibrado utilizando-se padrões de Acetanilida e as análises foram feitas em duplicata apresentando uma precisão entorno de 95% tanto para carbono quanto para nitrogênio. Os valores dos limites de detecção (LD) foram 0,02% para o C e 0,03% para o N.

Sub-alíquotas de água filtradas a bordo do navio oceanográfico Astro Garoupa, acondicionadas em frascos de vidro âmbar contendo H₃PO₄ 10%, e em laboratório, foram acidificadas (HCl 2N) e purgadas com ar puro e submetidas à oxidação catalítica em alta temperatura (HTCO) em um TOC-5000 Analyser (Shimadzu) para determinação de Carbono Orgânico Dissolvido (COD).

Os dados de hidrocarbonetos totais de petróleo, HPA's, fenóis e sulfetos disponíveis nas mesmas campanhas especificadas na Figura 5.1.3.1, foram re-organizados da mesma forma que os dados de temperatura, salinidade, oxigênio, clorofila e nutrientes, conforme apresentado anteriormente. Estas informações foram produzidas pelo CENPES/PETROBRAS (PETROBRAS, 2001a, b, c, respectivamente os itens 1 e 2, 4 e 3 na Figura 5.1.3.1) e pela empresa Analytical Solutions (2002a, b, os itens 6 e 7). Os protocolos detalhados relativos a estes procedimentos, bem como os dados de controle de qualidade analítico, foram especificados nos relatórios originais.

5.1.3.4 Base Cartográfica Geo-Referenciada das Estações

As estações utilizadas na obtenção de dados, foram apresentadas anteriormente (Figura 5.1.3.2-1 a 5.1.3.2-6), para cada parâmetro.

5.1.3.5 Estatísticas dos Parâmetros

Para cada uma das diferentes campanhas empregadas com base de dados primários para o presente estudo, os dados foram sumarizados a partir das médias aritméticas entre todas as amostras de um mesmo estrato (superfície, 100 m e 200 m). São estes valores médios os representados nas Tabelas 5.1.3.2-1 até 5.1.3.2-9, apresentadas anteriormente para cada parâmetro.

5.1.4 MODELAGEM DA DISPERSÃO DE ÓLEO E EFLUENTES

5.1.4.1 Modelagem de Dispersão de Água de Produção

♦ INTRODUÇÃO

Apresenta-se neste subitem a modelagem computacional da diluição e da dispersão da água produzida no FPSO P-34, a qual foi conduzida dividindo o processo em campo próximo e campo afastado. O campo próximo foi simulado utilizando-se o modelo CORMIX (*Cornell Mixing Zone Expert System*) da Cornell University, New York. O campo afastado foi simulado utilizando o sistema de modelos computacionais conhecido como CHEMMAP, desenvolvido pela *Applied Science Associates (ASA)* dos EUA.

Para estudos de modelagem, como o realizado neste trabalho, são necessários: (a) um conhecimento detalhado das características geomorfológicas do local (morfologia da linha de costa e fundo oceânico), (b) padrões de circulação local e em larga escala, (c) séries temporais de vento de longa duração (preferencialmente de bóias *offshore* e/ou estação meteorológica costeira), e (d) características físico-químicas dos constituintes presentes no efluente simulado.

Para este estudo, foram utilizados dados de vento obtidos da bóia oceanográfica da PETROBRAS localizada no campo de Albacora, nas coordenadas 22° 30'S e 40°W. A caracterização dos padrões de circulação na região foi realizada a partir dos resultados do modelo *POCM (WOCE Parallel Ocean Climate Model)*, ajustado para modelar as correntes oceânicas da costa sudeste do Brasil, e um modelo desenvolvido pela equipe da *ASA SOUTH AMERICA*, com maior definição temporal e espacial para a região de interesse.

A Seção 1 apresenta o objetivo do trabalho e fornece informações sobre a área de estudo. A Seção 2 apresenta as características da água de produção e a Seção 3 descreve o modelo hidrodinâmico. A Seção 4 apresenta as simulações do campo próximo e seus resultados. A Seção 5 descreve o modelo CHEMMAP e os resultados das simulações com as concentrações máximas prováveis (média das máximas) e a trajetória da pluma. Por fim, a Seção 6 discute as conclusões obtidas no presente estudo.

- ÁREA DE ESTUDO

As simulações da dispersão da água de produção na Bacia de Campos foram realizadas a partir do FPSO P-34 (Figura 5.1.4.1-1), cujas coordenadas foram especificadas pela CEPEMAR / PETROBRAS:

Tabela 5.1.4.1-1: Coordenadas do FPSO P-34.

UTM – DATUM ARATU	GEODÉSICA – DATUM SAD69
Norte: 7.648.825	21° 15' 33,2"S
Leste: 394.454	40° 01' 02,2"W

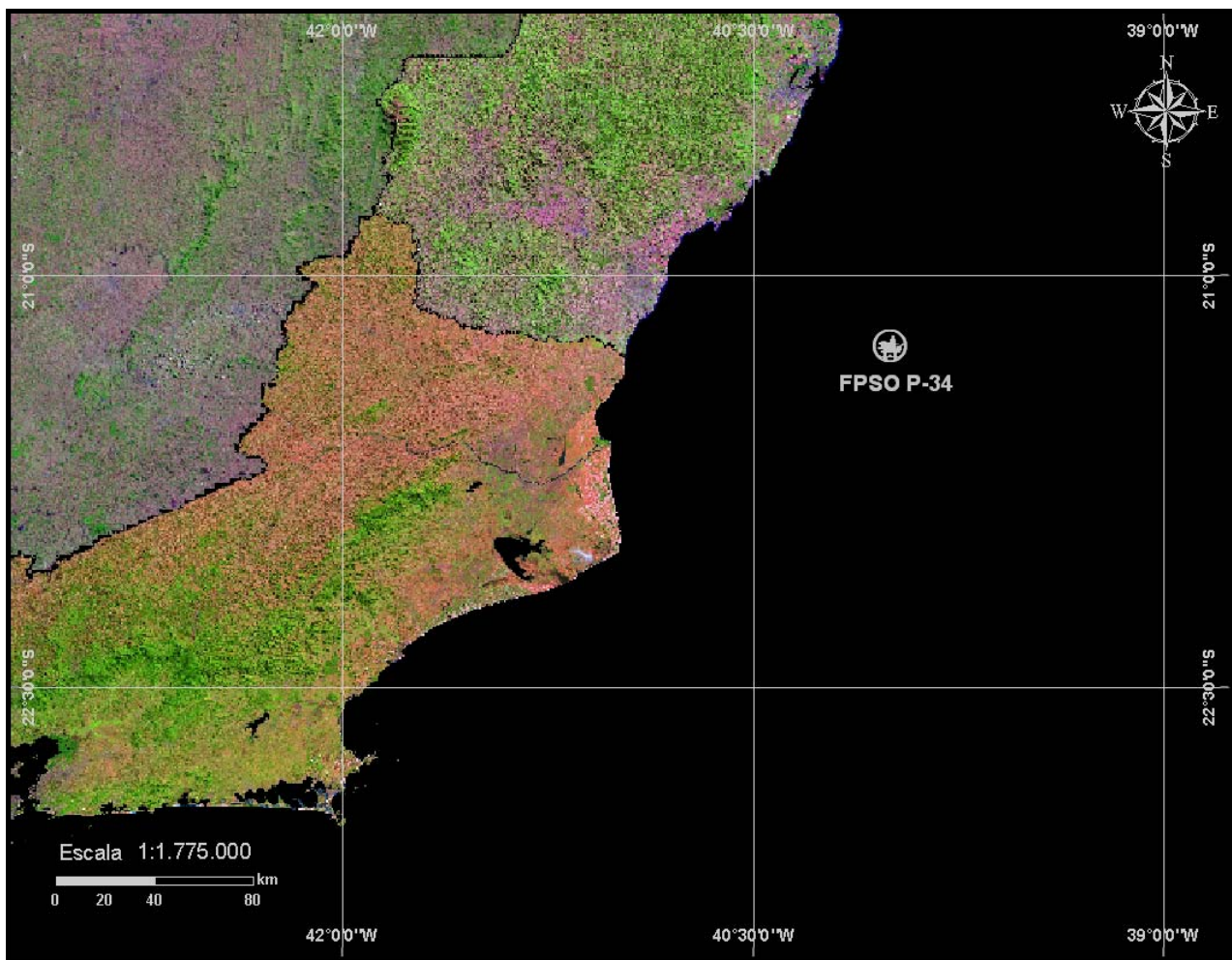


Figura 5.1.4.1-1:Localização do FPSO P-34, na Bacia de Campos.

PADRÕES DE CIRCULAÇÃO NA REGIÃO

A circulação oceânica nesta área da plataforma é alvo de um interesse científico particular devido às suas feições batimétricas. Parte significativa do fluxo da Corrente do Brasil (CB) passa através dos canais dos bancos de Abrolhos e divide-se em dois ramos. Um deles flui afastado da costa, além da isóbata de 3.000 m (Stramma *et al.*, 1990), enquanto o outro flui seguindo a linha da quebra da plataforma, onde se estende até o fundo, com uma significativa parte fluindo sobre a plataforma externa, que algumas vezes localiza-se aquém da isóbata de 100 m (Signorini, 1978).

A circulação na camada superficial sobre a quebra da plataforma e no talude é caracterizada pelo fluxo da CB para sul. Essa corrente representa o limite ocidental do giro subtropical do Atlântico Sul. Poucas medições de correntes foram feitas na CB. As primeiras medições diretas foram feitas por Evans & Signorini (1985), nas latitudes de 20° 30'S e 23°S, as quais apresentaram um fluxo confinado aos primeiros 400 m de profundidade, com uma contra-corrente no sentido norte abaixo destes 400 m iniciais. Na parte norte da área, acima do Cabo de São Tomé, a direção da corrente é 180°, variando para 220° na região de Cabo Frio. Isto está altamente coerente com a variação da linha de costa (e das isóbatas). Esta mudança afeta significativamente a Corrente do Brasil, induzindo a formação de vórtices e meandros.

A componente que se desloca para sul cobre os primeiros 400 m da coluna d'água, englobando a Água Tropical (AT) e grande parte da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). O volume estimado transportado pela Corrente do Brasil na região da quebra da plataforma e do talude na latitude de 22° S é de $5,5 \pm 2,6$ Sv (Lima, 1997).

Imagens AVHRR, usadas por Garfield (1990), parecem indicar um padrão de meandramento regular entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio, com a separação ocasional de vórtices ciclônicos (Lima, 1997).

Próximo ao Cabo de São Tomé (22°S), a CB parece ocupar a maior parte da plataforma durante o verão. Medições de correntes nessa região mostraram que a circulação sobre a plataforma interna se dá predominantemente em direção ao sul no verão, alternando entre sudoeste e nordeste durante o inverno, com a magnitude média de 30 a 50 cm/s. Nos primeiros 100 m da coluna d'água, a velocidade da corrente pode chegar a 1 m/s (Castro & Miranda, 1998).

A água que flui para sudoeste durante o verão é reforçada pelos ventos predominantes, que sopram principalmente de nordeste nessa estação, devido à influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul. No inverno, entretanto, a alta incidência de sistemas frontais induz a ocorrência de correntes com direção nordeste nas porções interna e média da plataforma (Castro & Miranda, 1998).

Outra consequência do predomínio dos ventos de NE é a ressurgência, fenômeno no qual a ACAS penetra sobre a plataforma, levando águas frias em direção à costa. Estes eventos são muito comuns na região de Cabo Frio. Ventos fortes de sudoeste podem impedir a ocorrência do fenômeno nesta área, deslocando a massa d'água fria ressurgida para as proximidades do Cabo de São Tomé, ao norte.

A velocidade da corrente relativa à contribuição da maré é baixa, de cerca de 5 cm/s e, quase em sua totalidade, no eixo perpendicular à plataforma. A ação forçante residual de ondas aprisionadas na costa, com sentido de propagação norte (para o Equador), é um possível mecanismo para explicar algumas anomalias no campo de correntes. Maiores estudos para esclarecimento desse fator ainda estão sendo desenvolvidos (Lima, 1997).

DADOS DE VENTO

Para este estudo, foram utilizados dados de vento medidos em uma bóia oceanográfica localizada no campo de Albacora (Bacia de Campos). Estes dados foram fornecidos pelo Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES), para o ano de 1992, com intervalo de amostragem de 3 horas. A Figura 2 apresenta o diagrama de dispersão para a série temporal fornecida, onde foi adotada a convenção meteorológica, isto é, a direção do vento corresponde à direção de onde este vem.

A Tabela 5.1.4.1-2 apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento obtida para os dados fornecidos. A tabela demonstra que os ventos mais frequentes são de NE (17,4%) e NNE (16,9%). Os ventos com velocidades médias máximas (9,8 m/s) vieram de NNE; e os ventos mais fortes registrados foram provenientes de SSE (22,3 m/s) e N (19,3m/s). Do total de registros dos ventos, 90% têm intensidades iguais ou inferiores a 14,0m/s, como indicam os percentis apresentados na tabela.

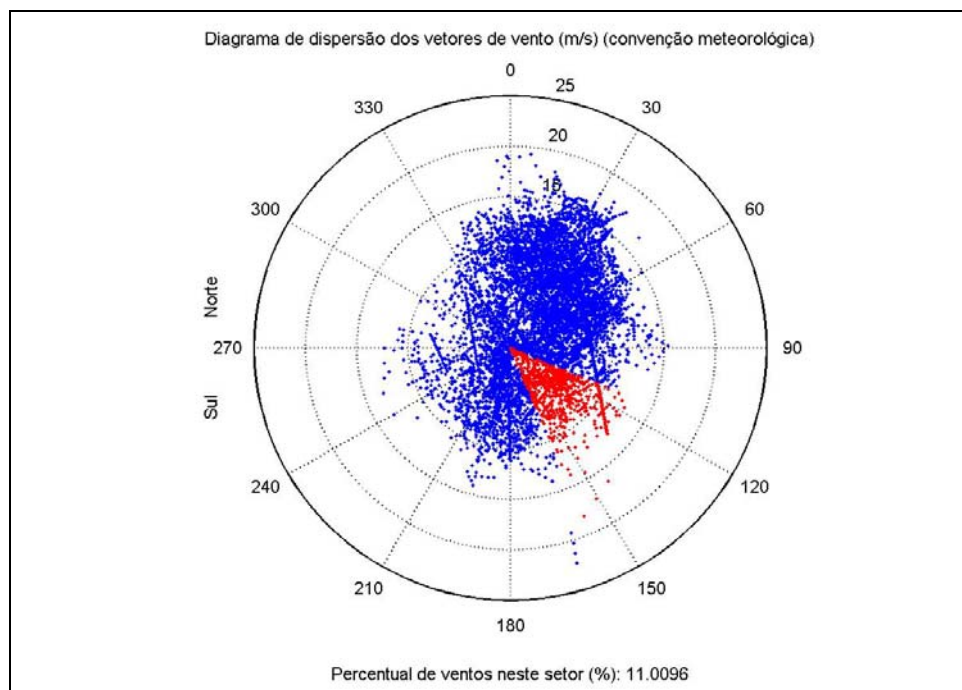


Figura 5.1.4.1-2: Diagrama de dispersão do vento para o ano de 1992, na Bacia de Campos.

Tabela 5.1.4.1-2: Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento para o ano de 1992 na Bacia de Campos.

Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do Vento.																			
Obs.: a direção é medida em graus e para o sentido utiliza-se a convenção meteorológica que é de onde o vento vem .																			
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Total	Porc.	Dir.méd.
0.0- 1.0	9	13	7	9	11	15	21	13	14	17	10	8	8	10	9	3	177	2.0	156
1.0- 2.0	10	24	15	18	20	25	8	7	20	29	17	19	15	13	10	12	262	3.0	153
2.0- 3.0	18	17	15	24	28	39	24	18	28	45	26	15	16	11	17	27	368	4.2	147
3.0- 4.0	24	27	39	55	66	36	43	90	73	42	16	18	10	12	20	28	599	6.8	126
4.0- 5.0	27	49	113	91	46	53	78	65	47	49	19	25	9	12	19	30	732	8.4	95
5.0- 6.0	30	45	105	129	49	107	108	53	64	40	24	13	6	4	26	20	823	9.4	97
6.0- 7.0	75	113	102	154	87	76	54	61	48	43	22	17	10	2	14	28	906	10.3	74
7.0- 8.0	61	124	123	154	104	28	43	44	51	32	27	12	15	6	10	24	858	9.8	65
8.0- 9.0	93	210	382	225	52	38	38	33	47	59	13	19	6	3	10	36	1264	14.4	51
9.0-10.0	105	135	146	142	26	49	19	17	46	17	2	7	11	2	4	28	756	8.6	48
10.0-11.0	94	150	167	90	17	25	11	5	30	14	0	4	6	0	0	30	643	7.3	38
11.0-12.0	85	149	100	66	11	6	17	11	7	6	1	0	2	0	0	14	475	5.4	36
12.0-13.0	57	147	78	26	11	5	12	7	5	3	0	2	2	0	0	11	366	4.2	32
13.0-14.0	26	101	60	15	12	0	0	5	0	4	0	2	0	0	0	9	234	2.7	32
14.0-15.0	14	83	34	2	6	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	141	1.6	30
15.0-16.0	7	65	21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94	1.1	26
16.0-17.0	2	17	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0.3	29
17.0-18.0	3	8	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0.2	28
18.0-19.0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.1	9
19.0-20.0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.0	21
20.0-21.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0	162
21.0-22.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0	163
22.0-23.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0	163
Total	746	1477	1522	1200	547	502	477	436	480	401	177	161	116	75	139	300	8756		
Porc.	8.5	16.9	17.4	13.7	6.2	5.7	5.4	5.0	5.5	4.6	2.0	1.8	1.3	0.9	1.6	3.4			
Vel.méd.	9.0	9.8	8.6	7.5	6.4	5.9	5.9	5.9	6.0	5.6	4.8	5.2	5.3	3.6	4.6	6.9			
Vel.máx.	19.3	18.0	17.6	14.8	15.3	12.6	16.3	22.3	13.0	14.1	11.4	13.1	12.4	9.9	9.7	13.8			
Percts(0,9)	12.0	14.0	12.0	10.0	10.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	7.0	8.0	9.0	7.0	7.6	11.0			

CAMPO TERMOHALINO

Os dados de salinidade e temperatura utilizados no cálculo da densidade para a região da Bacia de Campos foram extraídos do Atlas Eletrônico de dados do WOCE (*World Ocean Circulation Experiment*). As Figuras 5.1.4.1-3 e 5.1.4.1-4 mostram perfis médios de densidade para a região do FPSO P-34, até 200m de profundidade, para os períodos de verão e inverno, respectivamente. No verão a densidade varia de aproximadamente 1.023,85kg/m³ na superfície a 1.026,98kg/m³ no fundo e no inverno, varia de 1.025,79 a 1.027,19kg/m³.

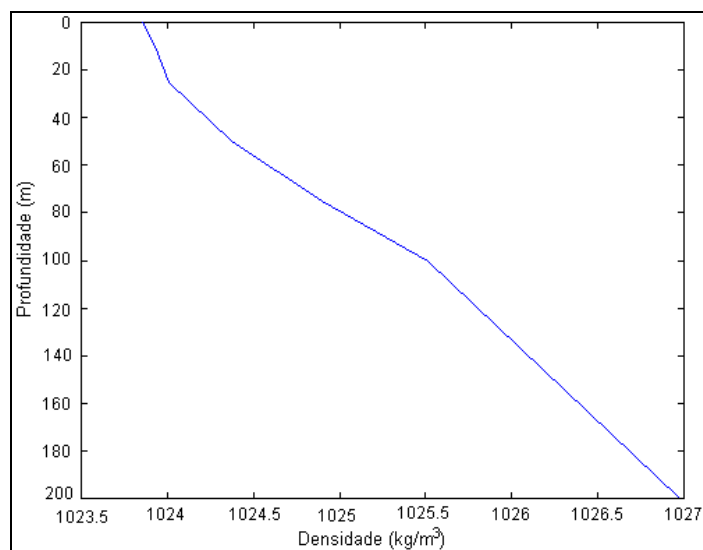


Figura 5.1.4.1-3; Perfil médio de densidade na região do FPSO P-34, período de verão.

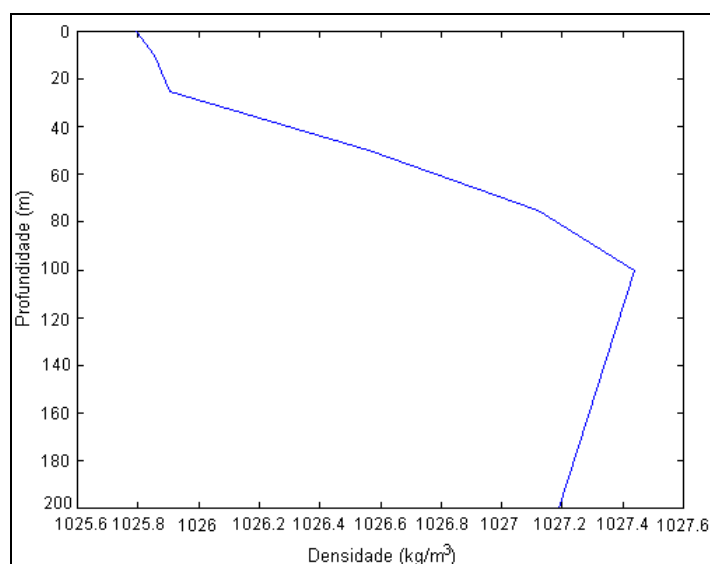


Figura 5.1.4.1-4: Perfil médio de densidade na região do FPSO P-34, período de inverno.

CARACTERÍSTICAS DO DESCARTE E DA ÁGUA DE PRODUÇÃO

Para avaliação da diluição de um poluente ao longo da dispersão da pluma, utilizou-se o óleo tipo Jubarte contido na água de produção descartada. A sua fração volumétrica (relação entre o volume de óleo e o volume de efluente) foi calculada a partir da concentração residual limite de 20mg/L, permitida pela legislação e que será adotada na atividade, ajustada para as vazões dos cenários modelados. Em termos de regulamentação, no Brasil aplica-se a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 20/86, que trata do descarte de efluentes de fontes poluidoras em águas interiores e marinhas. Segundo essa resolução, todo resíduo para ser lançado direta ou indiretamente em um corpo d'água deve apresentar concentração de óleo igual ou inferior a 20mg/L e temperatura igual ou inferior a 40°C.

A Tabela 5.1.4.1-3 apresenta as características para o óleo cru tipo Jubarte, definidas com base nas informações fornecidas pela CEPEMAR/PETROBRAS.

Tabela 5.1.4.1-3: Características do óleo Jubarte.

PARÂMETRO	VALOR
Densidade	0,951 g/cm ³
Viscosidade dinâmica a 25°C	4.369,33 cP
Espessura mínima	0,1mm
Ponto de ebulição inicial	582,3 K

O descarte da água produzida no FPSO P-34 será feito por uma tubulação de 8 polegadas de diâmetro, na superfície da água do mar. Após a entrada em operação, o FPSO P-34 terá aumento progressivo de vazão da água produzida variando de zero a cerca de 6.500m³/dia, no final de 2009. Portanto, foram definidas três vazões a serem simuladas: pequena (500m³/dia), média (3.500m³/dia) e máxima (6.500m³/dia). A salinidade do efluente considerada foi de 136 psu (136.000mg/L) e a temperatura de descarte, de 40°C, o que equivale a uma densidade de 1,096g/cm³.

MODELO HIDRODINÂMICO

Para caracterização dos padrões de circulação foram utilizados campos de velocidades gerados pelo modelo *POCM* (WOCE Parallel Ocean Climate Model) ajustado para modelar as correntes oceânicas da costa sudeste do Brasil, acoplado a um modelo implementado pela *ASA SOUTH AMERICA* no mesmo domínio, visando a introdução de respostas da plataforma as forçantes locais. Os campos de velocidade de baixa frequência foram fornecidos pelo Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES) para o ano de 1992 com resultados a cada 3 dias, cobrindo a região oceânica compreendida entre as latitudes 13° e 30°S e as longitudes 30° e 50°W. O campo hidrodinâmico resultante da combinação destes modelos foi utilizado como base para o modelo de óleo, apresentando resultados a cada 3 horas para o ano de 1992. Salienta-se que esta implementação encontra-se em contínuo desenvolvimento devido à extensão e complexidade da área.

Para se obter uma resolução espacial em que as feições geométricas da linha de costa fossem representadas adequadamente e, também, para maximizar o aproveitamento de máquina (CPU,

memória e capacidade de armazenamento), adotou-se uma grade curvilínea ortogonal para a representação do domínio.

A grade geral implementada representa um compromisso entre os objetivos do projeto de estudo do descarte da água de produção e a descrição dos processos hidrodinâmicos na região de interesse - forçantes de maré, campos termohalinos e ventos - bem como entre os recursos computacionais e o tempo de processamento necessário. A grade hidrodinâmica usada para a região do FPSO P-34 possui dimensões horizontais de 70x100 pontos (Figura 5.1.4.1-5). A resolução espacial média é de 10km, variando de 3km a 20km em regiões mais profundas.

Nas Figuras 5.1.4.1-6 e 5.1.4.1-7 são apresentados campos de velocidades típicos observados nos resultados do modelo para verão e inverno, respectivamente, onde se destaca a definição da Corrente do Brasil.

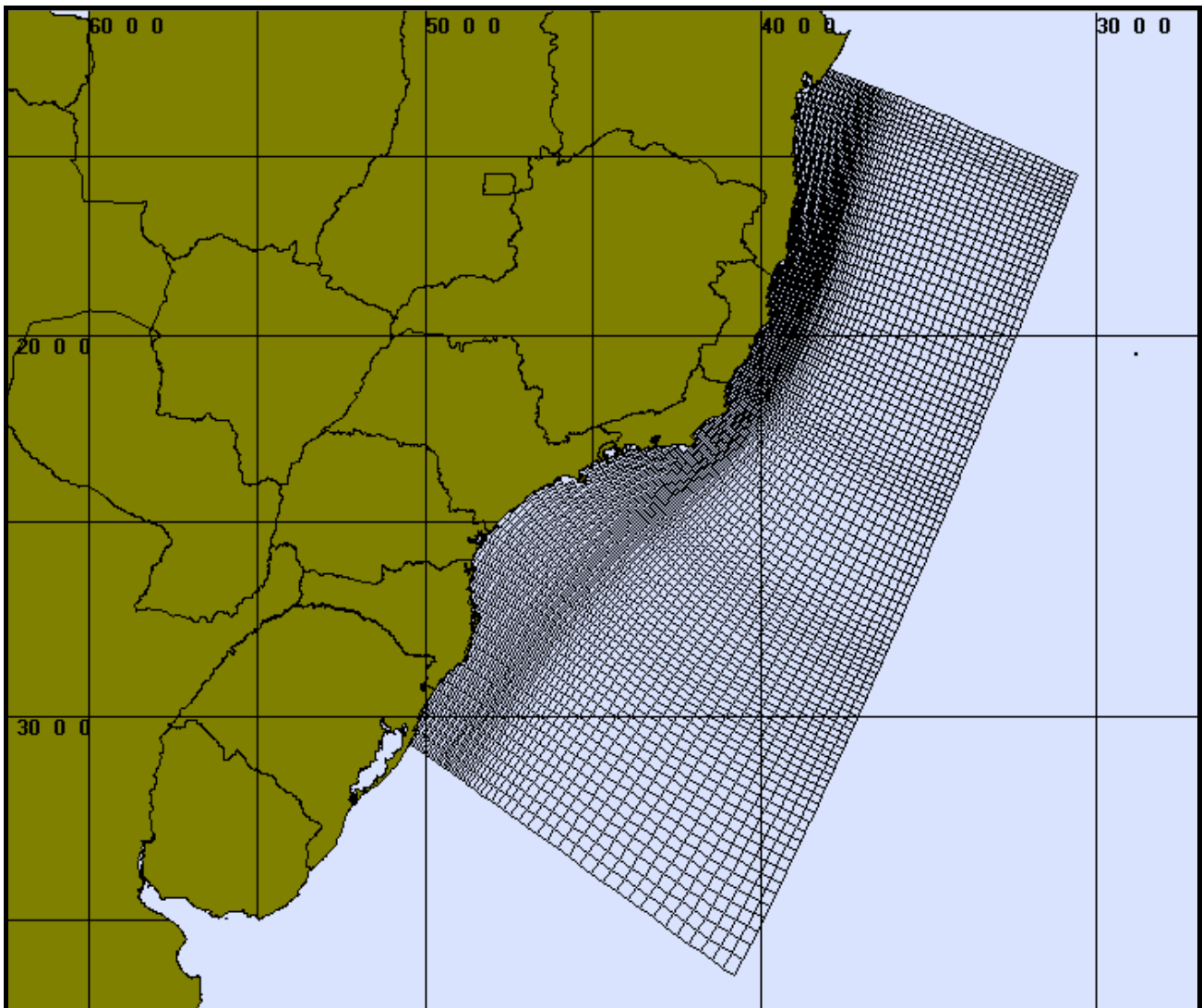


Figura 5.1.4.1-5: Grade utilizada no modelo hidrodinâmico.

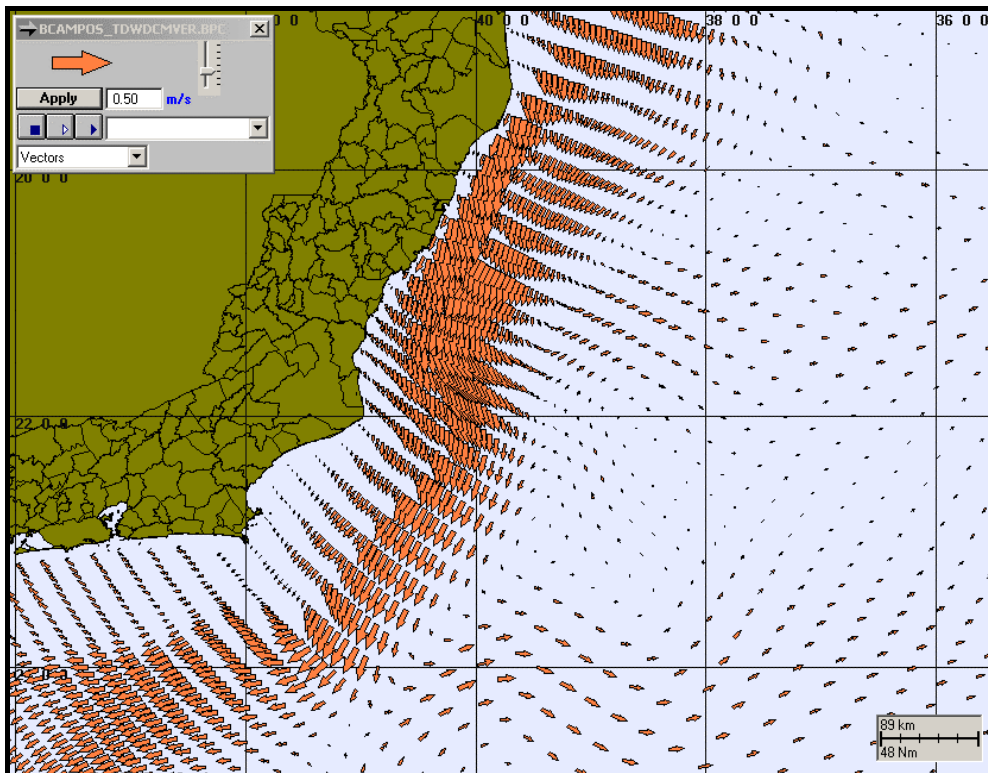


Figura 5.1.4.1-6: Exemplo ilustrativo de campos de velocidades obtidos com o modelo hidrodinâmico para o verão, no ano de 1992.

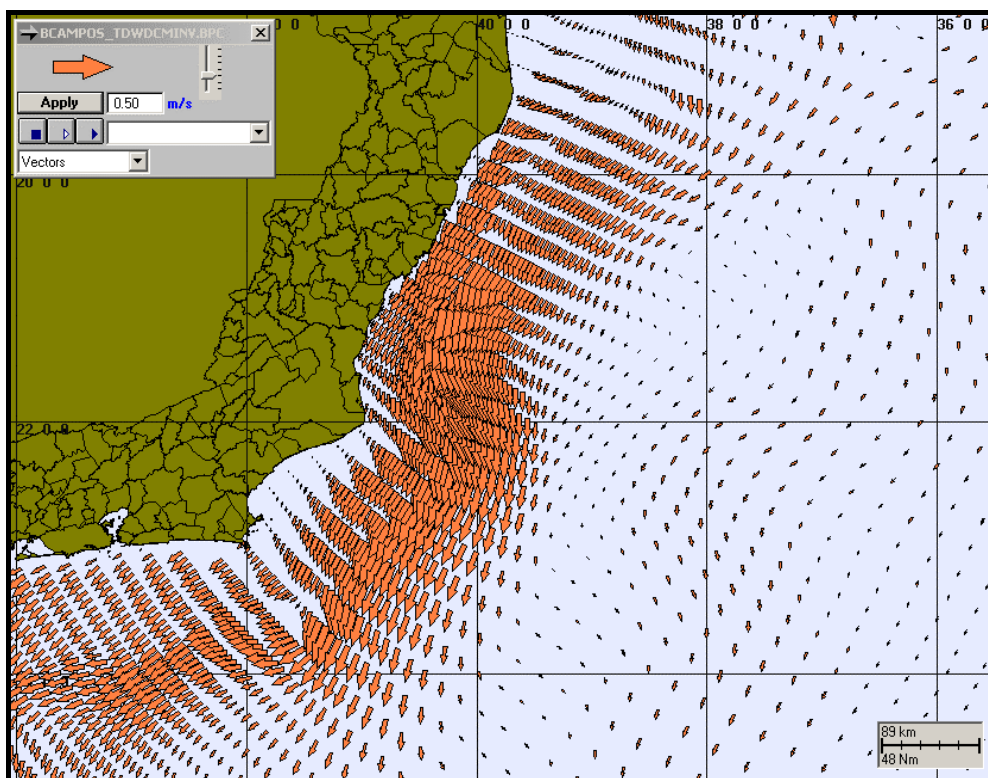


Figura 5.1.4.1-7: Exemplo ilustrativo de campos de velocidades obtidos com o modelo hidrodinâmico para o inverno, no ano de 1992.

MODELAGEM DO FATOR DE DILUIÇÃO NO CAMPO PRÓXIMO

Para representarmos o comportamento da pluma de efluentes, o processo de modelagem deve ser dividido entre campo próximo e campo afastado. Campo próximo corresponde à zona de diluição inicial, onde prevalecem os efeitos oriundos da velocidade inicial de ejeção e a diferença de densidade entre o efluente e o meio. Por campo distante entende-se a região onde passam a predominar os efeitos da dinâmica local na advecção e dispersão da pluma.

♦ **DESCRIÇÃO DO MODELO CORMIX**

O modelo CORMIX (*Cornell Mixing Zone Expert System*), da Cornell University, foi utilizado para simular o campo próximo do descarte da água produzida no FPSO P-34. O CORMIX é um sistema de modelos computacionais desenvolvido para a análise, previsão e planejamento do lançamento de efluentes em diferentes corpos d'água (Jirka *et al.*, 1996). A ênfase do sistema se dá na previsão da geometria e das características de diluição da zona de mistura inicial, permitindo que valores aceitáveis de qualidade de água sejam calculados e discutidos.

O CORMIX é composto por três subsistemas: (a) CORMIX1, utilizado para a análise de lançamentos pontuais abaixo da superfície (*submerged single port discharges*); (b) CORMIX2, para a análise de múltiplos lançamentos pontuais (difusores) abaixo da superfície; e (c) CORMIX3, para a análise de lançamentos superficiais (*buoyant surface discharges*).

Embora a metodologia do CORMIX considere condições ambientais estacionárias, o sistema representa uma ferramenta adequada para a previsão tanto de feições qualitativas (*e.g.*, classificação de fluxos) quanto de aspectos quantitativos (*e.g.*, taxas de diluição, trajetórias de plumas) dos processos de mistura hidrodinâmicos resultantes de diferentes configurações de lançamentos e em vários tipos de corpos d'água, incluindo pequenos riachos, grandes rios, lagos, reservatórios, estuários e águas costeiras.

♦ **DADOS DE ENTRADA**

A Tabela 5.1.4.1-4 contém as informações fornecidas pela CEPEMAR/PETROBRAS e informações complementares utilizadas nas simulações de diluição do campo próximo para o descarte de água produzida no FPSO P-34.

Tabela 5.1.4.1-4: Informações sobre o descarte de água de produção utilizadas para a modelagem da pluma do FPSO P-34.

PARÂMETROS PARA A MODELAGEM DA PLUMA	
Profundidade de descarte	superfície
Diâmetro da tubulação de descarte	8"
Orientação do descarte	vertical
Coordenadas do ponto de descarte	21° 15' 33,2"S e 40° 01' 2,2"W
Profundidade local no ponto de descarte*	aproximadamente 1.000m
Vazão do efluente	500m ³ /dia (pequena), 3.500m ³ /dia (média), 6.500m ³ /dia (máxima)
Velocidade da corrente (m/s)**	≅ 0,49 (verão) e 0,20 (inverno)
Duração do descarte	contínuo

*Estimado através de cartas náuticas.

**Estimada através do modelo hidrodinâmico.

◆ RESULTADOS DA DILUIÇÃO DO CAMPO PRÓXIMO

Os fatores de diluição obtidos para o óleo presente na água produzida no FPSO P-34, bem como as demais características calculadas, são apresentados nas Tabelas 5.1.4.1-5 e 5.1.4.1-6, considerando os períodos de verão e de inverno. O campo próximo não foi considerado nas simulações com a menor vazão, pois a relação entre a velocidade de ejeção do efluente e a do ambiente é pequena, o que faz com que o efluente entre rapidamente em regime de pluma. Para este caso, só são apresentados os resultados referentes ao campo afastado (Seção 5.3). As vazões típicas do descarte e os fatores de diluição calculados para o campo próximo foram utilizados na elaboração dos cenários probabilísticos de dispersão (campo afastado), para as condições meteorológicas e oceanográficas de verão e de inverno.

Como o efluente da P-34 é mais denso que a água do mar e é descartado na superfície da água a uma vazão que varia entre $0,0405\text{m}^3/\text{s}$ e $0,0752\text{m}^3/\text{s}$, na forma de jato, ele penetra na massa d'água e afunda, mas não ultrapassa a profundidade de cerca de 42 metros (para a vazão máxima, no inverno). A maior extensão da pluma, a partir do ponto de descarte, é de aproximadamente 162m no período de verão, para ambas as vazões consideradas.

Tabela 5.1.4.1-5: Resultados da modelagem do campo próximo no FPSO P-34 para o verão.

PROPRIEDADES	RESULTADOS OBTIDOS	
	Vazão média	Vazão máxima
Comprimento do campo próximo (m)	161,59	161,48
Profundidade terminal da pluma (m)	19,96	24,51
Diluição no final do campo próximo	1.690,2	1.386,8
Concentração no final do campo próximo (mg/L)	0,0118	0,0144

Tabela 5.1.4.1-6: Resultados da modelagem do campo próximo no FPSO P-34 para o inverno.

PROPRIEDADES	RESULTADOS OBTIDOS	
	Vazão média	Vazão máxima
Comprimento do campo próximo (m)	116,63	118,61
Profundidade terminal da pluma (m)	33,35	41,73
Diluição no final do campo próximo	1.815,68	1.479,00
Concentração no final do campo próximo (mg/L)	0,0110	0,0135

A Tabela 5.1.4.1-7 apresenta algumas distâncias relativas ao ponto de descarte e as respectivas diluições antes de atingir o limite do campo próximo. Observa-se que o efluente apresenta uma diluição de 100 vezes a alguns poucos metros do lançamento (aproximadamente 10m), tanto no período de verão quanto de inverno.

Tabela 5.1.4.1-7: Distâncias relativas ao ponto de lançamento e respectivas diluições.

DILUIÇÃO (VEZES)	DISTÂNCIA (m) A PARTIR DO PONTO DE LANÇAMENTO			
	Verão		Inverno	
	Vazão Média (3.500 m ³ /dia)	Vazão Máxima (6.500 m ³ /dia)	Vazão Média (3.500 m ³ /dia)	Vazão Máxima (6.500 m ³ /dia)
100	9,56	11,64	6,42	8,02
200	19,12	23,29	12,85	16,04
500	47,80	58,22	32,12	40,10
1.000	95,60	116,44	64,24	80,20

As Figuras 5.1.4.1-8 e 5.1.4.1-9 ilustram os campos próximos referentes às plumas do descarte com vazão média, para verão e inverno, respectivamente. A maior distância atingida pela pluma foi no período de verão (161,59m), em função da corrente nesse período ser mais intensa que no inverno. A diluição ao final do campo próximo foi de 1.690,20 no verão e de 1.815,68 no inverno.

As Figuras 5.1.4.1-10 e 5.1.4.1-11 ilustram os campos próximos referentes às plumas do descarte com vazão máxima, para verão e inverno, respectivamente. A maior distância atingida pela pluma foi no período de verão (161,48m), em função da corrente nesse período ser mais intensa que no inverno. A diluição ao final do campo próximo foi de 1.386,8 no verão e de 1.479,0 no inverno.

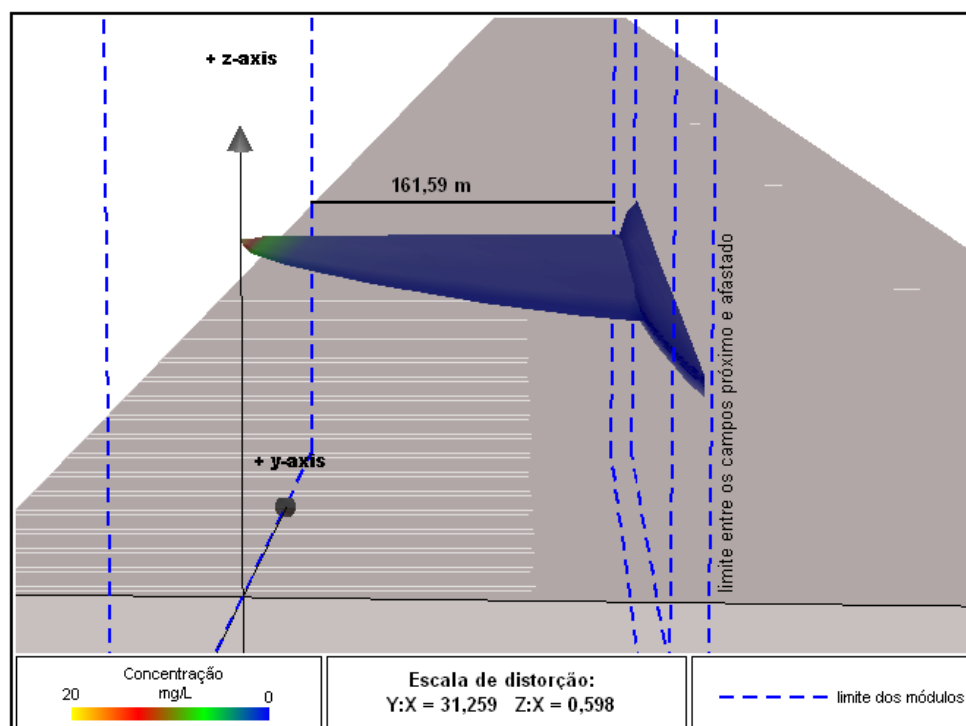


Figura 5.1.4.1-8. Campo próximo para o descarte com vazão de 3.500m³/dia (vazão média), no período de verão (janeiro a março).

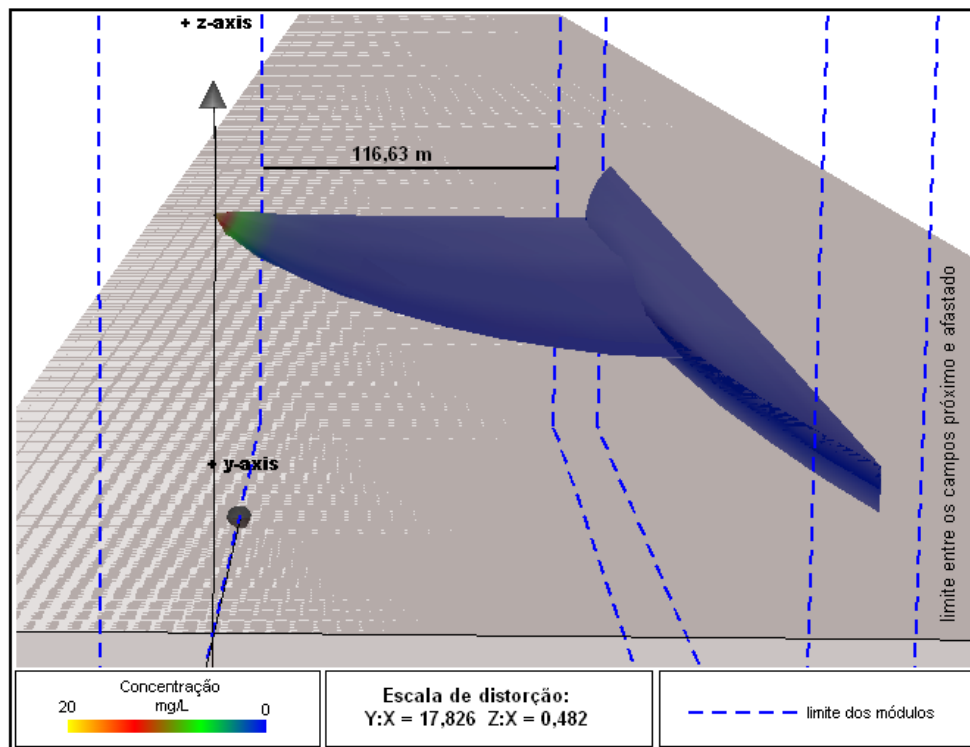


Figura 5.1.4.1-9. Campo próximo para o descarte com vazão de 3.500m³/dia (vazão média), no período de inverno (junho a agosto).

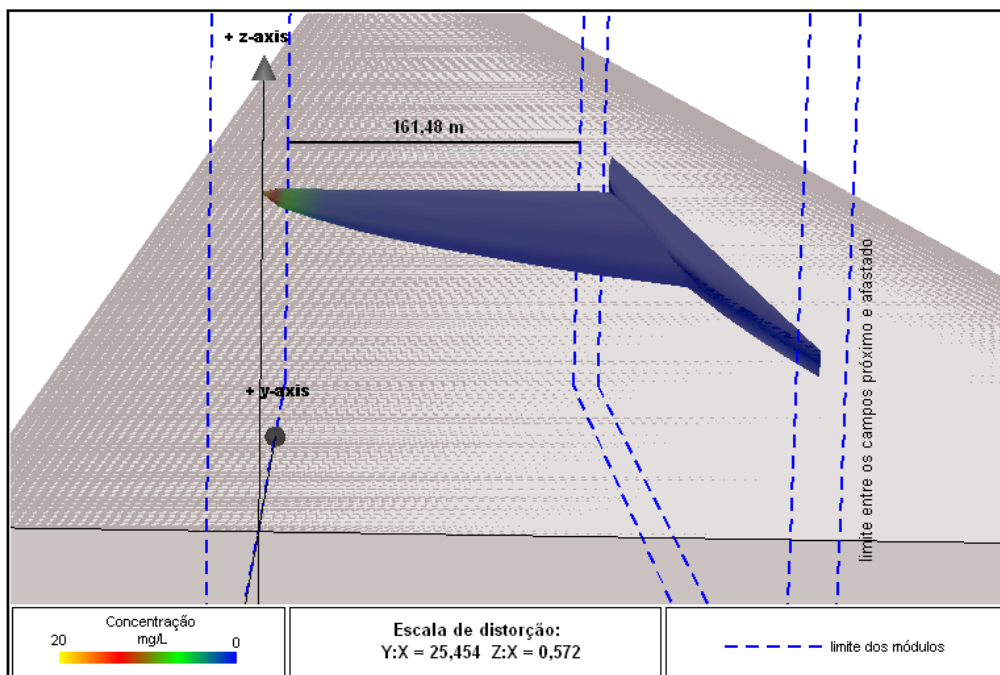


Figura 5.1.4.1-10: Campo próximo para o descarte com vazão de 6.500m³/dia (vazão máxima), no período de verão (janeiro a março).

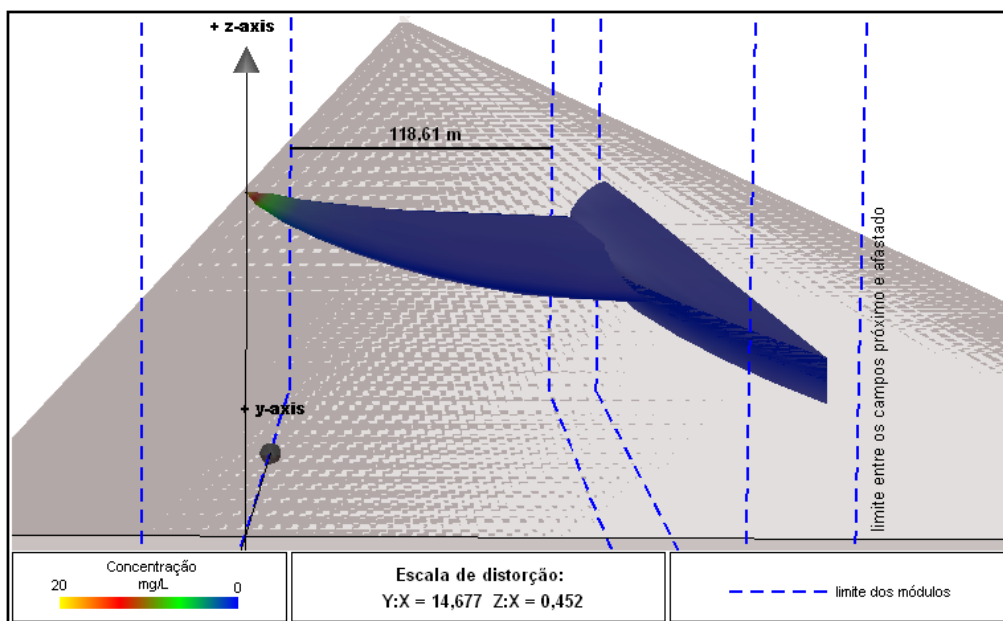


Figura 5.1.4.1-11: Campo próximo para o descarte com vazão de 6.500m³/dia (vazão máxima), no período de inverno (junho a agosto).

◆ **MODELAGEM DA DISPERSÃO DA ÁGUA DE PRODUÇÃO NO CAMPO AFASTADO**

- **DESCRIÇÃO DO MODELO CHEMMAP**

Na modelagem do campo afastado foi utilizado o modelo CHEMMAP, desenvolvido pela *Applied Science Associates, Inc. (ASA)* para previsão da trajetória e transformações biogeoquímicas (*trajectory and fates*) de produtos químicos, incluindo as substâncias flutuantes, as que afundam, as substâncias solúveis e as misturas de produtos.

O modelo de trajetória estima a distribuição do produto químico (massa e concentração) na superfície da água, em linhas de costa, na coluna d'água e nos sedimentos. O modelo tem estrutura tri-dimensional, simulando separadamente a mancha superficial, as parcelas na coluna d'água, partículas da substância química pura, parcelas adsorvidas ao material particulado em suspensão e as parcelas dissolvidas (ASA, 2002).

Os processos biogeoquímicos simulados são: espalhamento, advecção, dispersão, evaporação-volatilização, entranhamento, dissolução, partição, sedimentação, adsorção e degradação.

O modelo utiliza propriedades físico-químicas para simular a trajetória e o destino da pluma de efluentes descartados em superfície ou na coluna d'água. As propriedades incluem densidade, pressão de vapor, solubilidade na água, taxa de degradação, coeficientes de partição adsorvido e dissolvido (K_{OW} , K_{OC}), viscosidade e tensão superficial. Essas propriedades e outras, requeridas pelo modelo para simular o transporte e destino do material descartado, estão contidas no banco de dados químicos do CHEMMAP. O banco de dados engloba uma variedade de informações na forma de texto e descritores numéricos com o qual o usuário pode identificar e caracterizar o produto químico ou a mistura. O modelo é capaz de simular derrames de substâncias puras,

produtos em soluções aquosas ou hidrofóbicas, ou substâncias em emulsões (i.e. mistura de material particulado em suspensão em base aquosa). Além do mais, o banco de dados inclui características que definem as misturas e as soluções.

A massa do produto químico sendo simulado é transportada pelo campo tridimensional de correntes determinado pelo modelo hidrodinâmico (Seção 3 deste Relatório), considerando marés, vento, correntes oceânicas e o movimento vertical determinado pelo empuxo (*buoyancy*) e dispersão.

O modelo também é capaz de simular a adsorção de produtos a partículas de sedimentos em suspensão, resultando na sedimentação de materiais calculada a partir da formulação de Stokes (*Stokes Law*). Partículas sedimentadas podem sofrer ressuspensão, uma vez que a velocidade no fundo ultrapasse o limite de erosão.

A pluma de efluentes é simulada segundo uma abordagem Lagrangiana, com uma série de partículas (*spillets*) representando a massa total do produto químico de interesse. A cada passo de tempo, as partículas deslocam-se de acordo com o movimento do campo hidrodinâmico, sofrem reações biogeoquímicas e se transferem para o próximo intervalo de tempo. Para determinar a trajetória e o destino da mancha na superfície, no caso de manchas superficiais, o modelo estima o espalhamento superficial, o transporte da mancha (advectivo e difusivo), o entranhamento na coluna d'água e a evaporação. O espalhamento é simulado utilizando-se o algoritmo de Fay (1971) e o entranhamento é modelado segundo Delvigne & Sweeney (1988). As manchas superficiais interagem com a linha de costa, depositando material de acordo com o tipo de costa e viscosidade do material. Os algoritmos utilizados são aqueles desenvolvidos para derrames de óleo, como descrito em French *et al.* (1999).

Utilizando-se o CHEMMAP no modo probabilístico é possível considerar a variabilidade das forçantes ambientais, de modo que as simulações de comportamento da pluma sejam realizadas através de variadas condições meteorológicas e oceanográficas dentro do período de disposição de dados ambientais. Tanto os ventos quanto as correntes, ou ambos, podem variar estocasticamente.

Durante as simulações do CHEMMAP a concentração inicial do poluente, associada à vazão do efluente, é definida pela concentração obtida no estudo de caracterização do mesmo, dividido pelo fator de diluição determinado pela modelagem do campo próximo.

- DESCRIÇÃO DOS CENÁRIOS SIMULADOS

As simulações para a determinação da dispersão do óleo presente na água produzida no FPSO P-34 foram realizadas utilizando-se o modelo CHEMMAP no modo probabilístico. Neste modo é considerada a variabilidade das forçantes ambientais, assim as simulações de comportamento da pluma são realizadas através da variação das condições meteorológicas e oceanográficas dentro do período em que se dispõe de dados ambientais (1º de janeiro a 31 de dezembro de 1992), dividido em dois períodos correspondendo ao verão (janeiro a março) e inverno (junho a agosto). As múltiplas trajetórias da pluma do efluente foram, então, utilizadas para a produção de curvas de contorno com a média das máximas concentrações (máximas esperadas) em cada ponto de grade (área de estudo).

Para que se pudesse incorporar a variabilidade das forçantes meteorológicas e oceanográficas, em cada cenário probabilístico foram realizadas uma série de 10 simulações com o modelo CHEMMAP, com duração de 24 horas. Tais cenários probabilísticos estão resumidos na Tabela 8.

Tabela 5.1.4.1-8. Cenários considerados nas simulações probabilísticas do óleo presente na água produzida no FPSO P-34.

CENÁRIO	VAZÃO (m ³ /dia)	ESTAÇÃO DO ANO	TEMPO DE SIMULAÇÃO (horas)
P34_VER_500	500	Verão	24
P34_INV_500	500	Inverno	24
P34_VER_3500	3.500	Verão	24
P34_INV_3500	3.500	Inverno	24
P34_VER_6500	6.500	Verão	24
P34_INV_6500	6.500	Inverno	24

Conforme especificado pela PETROBRAS, as simulações do comportamento da pluma da água produzida no FPSO P-34 foram definidas a partir de três vazões: pequena (500m³/dia), média (3.500m³/dia) e máxima (6.500m³/dia).

Durante as simulações do CHEMMAP, a concentração inicial do óleo, associada a cada vazão do descarte, foi determinada pela concentração obtida no estudo de caracterização do efluente (Seção 2) dividida pelo fator de diluição determinado pela modelagem do campo próximo (Seção 4.2).

Os fatores de diluição utilizados no início das simulações do campo afastado foram de 1.690,20 (verão) e 1.815,68 (inverno) para a vazão de 3.500m³/dia, e de 1.386,80 (verão) e 1.479,00 (inverno) para a vazão de 6.500m³/dia. Como dito anteriormente, não foi considerado o campo próximo nas simulações com vazão de 500m³/dia, pois o efluente entra em regime de pluma rapidamente, sem passar pelo regime de jato. Portanto, foi utilizada a concentração inicial da água produzida (20mg/L) nas simulações com a menor vazão.

A Tabela 5.1.4.1-9 apresenta as concentrações iniciais do óleo simuladas para cada vazão considerada e a correspondente concentração inicial utilizada no modelo CHEMMAP (campo afastado). A concentração limite de parada das simulações foi estabelecida em 2x10⁻³mg/L, que é equivalente à uma diluição de 10.000 vezes da concentração de lançamento.

Tabela 5.1.4.1-9: Dados para a modelagem do campo afastado da pluma de óleo proveniente da água produzida no FPSO P-34.

VAZÃO (m ³)	CONCENTRAÇÃO NO PONTO DE LANÇAMENTO (mg/L)	CONCENTRAÇÃO A PARTIR DO CAMPO PRÓXIMO (mg/L)	
		Verão	Inverno
500	20	20	20
3.500	20	0,0118	0,0110
6.500	20	0,0144	0,0135

- RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS

O modelo CHEMMAP foi utilizado para simular os cenários descritos na seção anterior e produzir as curvas de concentração, demonstrando a média das máximas concentrações (concentrações máximas esperadas) de óleo contido na água de produção em cada ponto da área de estudo. Nessas simulações foram consideradas como forçantes hidrodinâmicas os campos de correntes obtidos através da modelagem (conforme descrito na Seção 3, representativos da Corrente do Brasil e das correntes costeiras) e os dados de vento medidos na Bacia de Campos (descritos na Seção 1.1.2) para o ano de 1992.

As Figuras 5.1.4.1-12 a 5.1.4.1-17 mostram as concentrações máximas esperadas de óleo dissolvido na coluna d'água decorrente de um descarte da água produzida no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) e inverno (junho a agosto). Os resultados mostram que concentração do efluente decresce proporcionalmente com o aumento da distância do ponto de descarte. Em todas as simulações a pluma deslocou-se em direção ao quadrante sul, seguindo a orientação da Corrente do Brasil.

As Figuras 5.1.4.1-12 e 5.1.4.1-13 apresentam os resultados das simulações considerando a vazão de $500\text{m}^3/\text{dia}$, para os períodos de verão e de inverno, respectivamente. Por não sofrer diluição no campo próximo devido a pequena vazão, essas simulações apresentam as maiores concentrações de óleo dissolvido na coluna d'água, sendo de $0,032\text{mg/L}$. Como a grade utilizada no cálculo das concentrações possui espaçamento de 25m, a concentração máxima encontrada representa a concentração de descarte (20mg/L) diluída em cada célula de grade. A maior distância atingida pela pluma de óleo após 24 horas de simulação foi de, aproximadamente, 4,65km no período de verão. No inverno, a maior distância alcançada pela pluma em relação a FPSO foi de 2,65km.

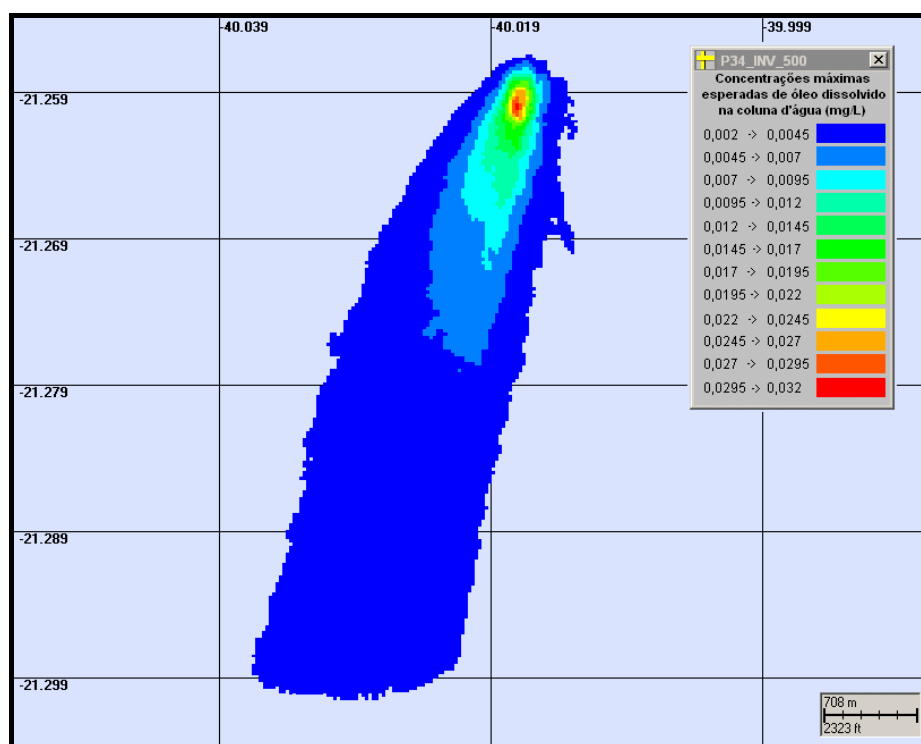


Figura 5.1.4.1-12: Cenário P-34 VER 500. Concentrações máximas esperadas de óleo dissolvido na coluna d'água, proveniente do descarte da água de produção do FPSO P-34, durante os meses de verão (janeiro a março), com vazão de $500\text{m}^3/\text{dia}$ e após 24 horas.

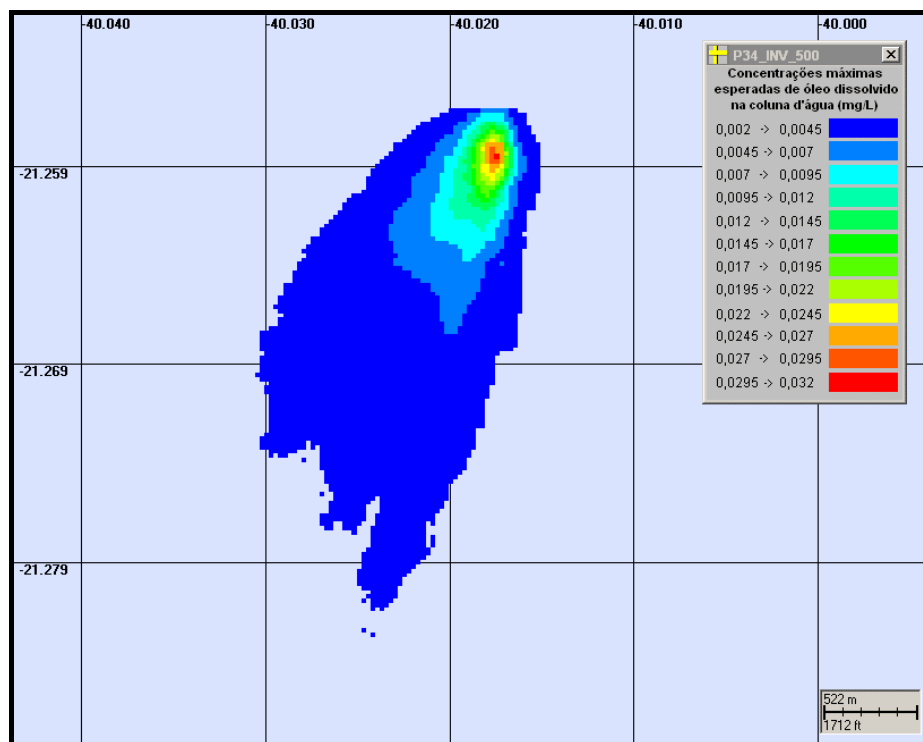


Figura 5.1.4.1-13: Cenário P-34 INV 500. Concentrações máximas esperadas de óleo dissolvido na coluna d'água, proveniente do descarte da água de produção do FPSO P-34, durante os meses de inverno (junho a agosto), com vazão de 500m³/dia e após 24 horas.

As Figuras 5.1.4.1-14 e 5.1.4.1-15 apresentam os resultados das simulações considerando a vazão de 3.500m³/dia, para os períodos de verão e de inverno, respectivamente. Conforme os resultados apresentados para o campo próximo, o óleo presente na água produzida sofre uma diluição inicial da ordem de mais de 1.000 vezes a 118-162 metros de distância do FPSO P-34. Portanto, a maior concentração esperada para o campo próximo corresponde a aproximadamente 0,012mg/L no verão e 0,011mg/L no inverno. As maiores distâncias alcançadas pela pluma em relação ao FPSO e após 24 horas de simulação foram de, aproximadamente, 2,60km no período de verão e 1,35km no inverno.

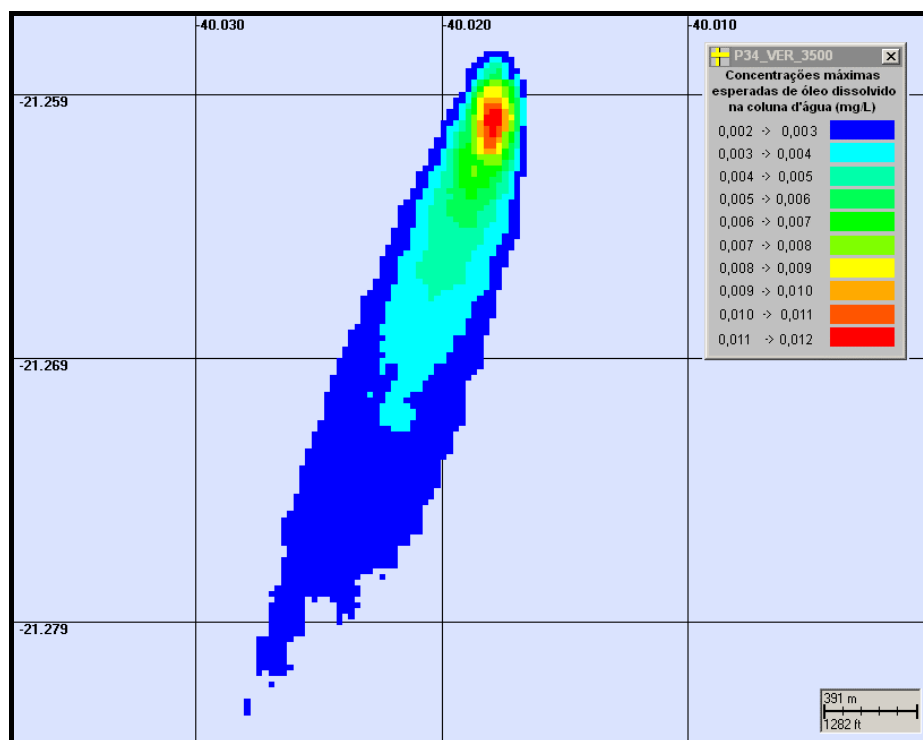


Figura 5.1.4.1-14: **Cenário P-34 VER 3500**. Concentrações máximas esperadas de óleo dissolvido na coluna d'água, proveniente do descarte da água de produção do FPSO P-34, durante os meses de verão (janeiro a março), com vazão de 3.500m³/dia e após 24 horas.

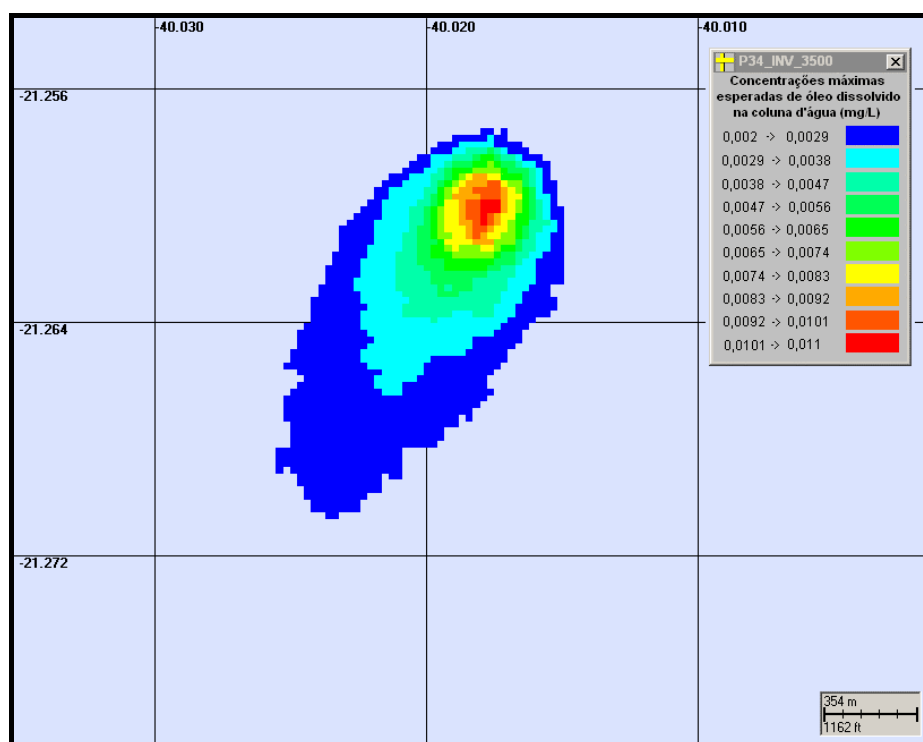


Figura 5.1.4.1-15: **Cenário P-34 INV 3500**. Concentrações máximas esperadas de óleo dissolvido na coluna d'água, proveniente do descarte da água de produção do FPSO P-34, durante os meses de inverno (junho a agosto), com vazão de 3.500m³/dia e após 24 horas.

As Figuras 5.1.4.1-16 e 5.1.4.1-17 apresentam os resultados das simulações considerando a vazão de $6.500\text{m}^3/\text{dia}$, para os períodos de verão e de inverno, respectivamente. Conforme os resultados apresentados para o campo próximo, o óleo presente na água produzida sofre uma diluição inicial da ordem de mais de 1.000 vezes a 116-162 metros de distância do FPSO P-34. Portanto, a maior concentração esperada para o campo próximo corresponde a aproximadamente $0,0144\text{mg/L}$ no verão e $0,0135\text{mg/L}$ no inverno. As maiores distâncias alcançadas pela pluma em relação ao FPSO e após 24 horas de simulação foram de, aproximadamente, $3,15\text{km}$ no período de verão e $1,75\text{km}$ no inverno.

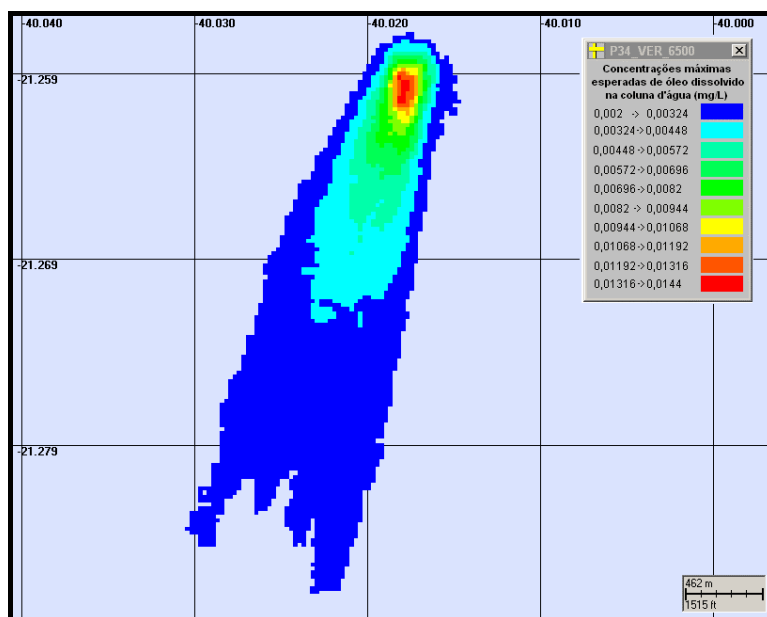


Figura 5.1.4.1-16. Cenário P-34 VER 6500. Concentrações máximas esperadas de óleo dissolvido na coluna d'água, proveniente do descarte da água de produção do FPSO P-34, durante os meses de verão (janeiro a março), com vazão de $6.500\text{m}^3/\text{dia}$ e após 24 horas.

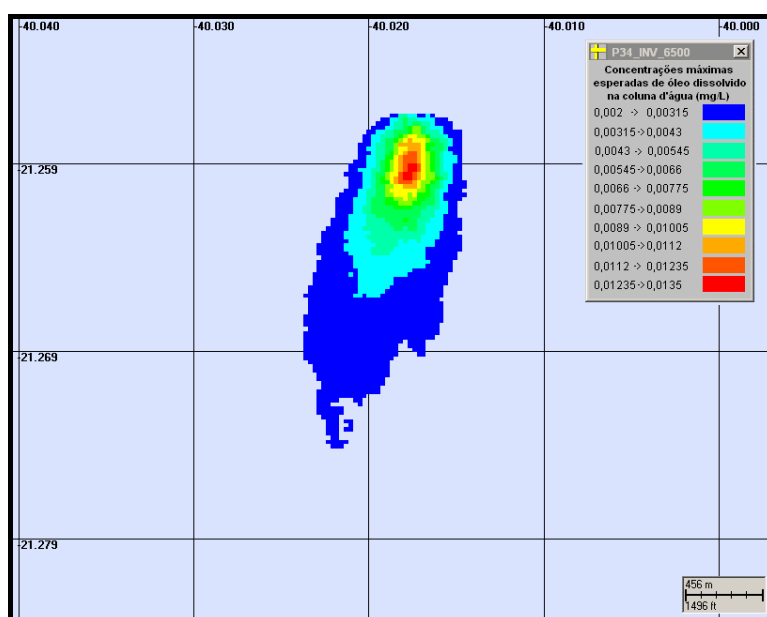


Figura 5.1.4.1-17: Cenário P-34 INV 6500. Concentrações máximas esperadas de óleo dissolvido na coluna d'água, proveniente do descarte da água de produção do FPSO P-34, durante os meses de inverno (junho a agosto), com vazão de $6.500\text{m}^3/\text{dia}$ e após 24 horas.

◆ CONCLUSÕES

A partir do melhor entendimento técnico-científico da dinâmica local, foi possível definir a área de influência da pluma da água produzida no FPSO P-34.

Para acompanhamento da pluma proveniente do descarte da água produzida foi utilizado o óleo tipo Jubarte presente na mesma a uma concentração de 20mg/L (concentração residual limite permitida pela legislação - Resolução CONAMA nº 20/86). Como não existe uma regulamentação específica sobre o descarte de água produzida em operações *offshore* no mar territorial brasileiro, a concentração limite de parada das simulações foi estabelecida em 2×10^{-3} mg/L, que é equivalente à uma diluição de 10.000 vezes da concentração de lançamento.

Os resultados das simulações para o campo próximo mostraram que a diluição do efluente é bastante significativa na região próxima ao descarte. Os fatores de diluição encontrados para o campo próximo foram de 1.690,20 (verão) e 1.815,68 (inverno) para a vazão de $3.500 \text{ m}^3/\text{dia}$, e de 1.386,80 (verão) e 1.479,00 (inverno) para a vazão de $6.500 \text{ m}^3/\text{dia}$. A maior extensão da pluma, a partir do ponto de descarte, é de aproximadamente 162m no período de verão, para ambas as vazões consideradas. Foi observado, também, que a diluição é maior no inverno, quando as dimensões do campo próximo são menores, e que a diluição é maior para a vazão de $3.500 \text{ m}^3/\text{dia}$.

Com relação as simulações probabilísticas (campo afastado), em todas as simulações a pluma deslocou-se em direção ao quadrante sul, seguindo a orientação da Corrente do Brasil. As simulações com a menor vazão foram as que apresentaram as maiores dimensões de pluma (4,65km a partir do FPSO). O efluente não entra em regime de jato (campo próximo) devido à baixa velocidade de ejeção e a diferença de densidade entre o efluente e o meio dificulta os processos de mistura, fazendo com que a diluição seja bem menor nesta situação. As simulações de verão foram as que apresentaram as maiores distâncias da pluma em relação a FPSO, variando de 2,60km (vazão média) a 4,65km (vazão pequena). No inverno a pluma alcançou extensões de, aproximadamente, 1,35km (vazão média) a 2,65km (vazão pequena) a partir do ponto de descarte do efluente.

5.1.4.2 Modelagem de Dispersão de Óleo

◆ INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste trabalho é a modelagem da trajetória e transformações biogeoquímicas de um potencial derrame acidental de óleo pela unidade P-34. Esta avaliação foi conduzida através da utilização de um sistema de modelos computacionais conhecido como *OILMAP*, desenvolvido pela *Applied Science Associates (ASA)* dos EUA. A ASA tem mais de 20 anos de experiência com estudos de impacto ambiental causados por acidentes com petróleo.

Para estudos de modelagem, como o realizado neste trabalho, são necessários: (a) um conhecimento detalhado das características geomorfológicas do local (morfologia da linha de costa e fundo oceânico), (b) padrões de circulação local e em larga escala, e (c) séries temporais de vento de longa duração (preferencialmente de bóias *offshore* e/ou estação meteorológica costeira). Para este estudo, foram utilizados dados de vento obtidos da bóia oceanográfica da PETROBRAS localizada no campo de Albacora, nas coordenadas $22^\circ 30'S$ e $40^\circ W$. A caracterização dos padrões de circulação na região foi realizada a partir dos resultados do modelo *POCM* (WOCE Parallel Ocean Climate

Model), ajustado para modelar as correntes oceânicas da costa sudeste do Brasil, e um modelo desenvolvido pela equipe da *ASA SOUTH AMERICA*, com maior definição temporal e espacial para a região de interesse.

Uma descrição dos modelos, dos cenários simulados, bem como dos dados de entrada e hipóteses simplificadoras assumidas durante as simulações são apresentados na Seção 2; as características químicas do óleo utilizado nas simulações são apresentadas na Seção 3; a descrição dos cenários simulados é apresentada na Seção 4 e os resultados das simulações com as prováveis trajetórias de um acidente no local de estudo são apresentados na Seção 5.

Uma descrição abreviada do modelo *OILMAP* é apresentada no Anexo V deste relatório.

5.1.4.3 Formulação dos Modelos e Dados de Entrada

◆ LOCAL DO ESTUDO

As simulações para um potencial acidente com petróleo na Bacia de Campos foram realizadas a partir do FPSO P-34, cujas coordenadas foram especificadas pela CEPEMAR/PETROBRAS:

UTM – Datum Aratu	Geodésica – Datum SAD69
Norte: 7.648.825	21° 15' 33,2" S
Leste: 394.454	40° 01' 2,2" W

◆ PADRÕES DE CIRCULAÇÃO NA REGIÃO

A circulação oceânica nesta área da plataforma é alvo de um interesse científico particular devido às feições batimétricas. Parte significativa do fluxo da Corrente do Brasil (CB) passa através dos canais dos bancos de Abrolhos e divide-se em dois ramos. Um deles flui afastado da costa, além da isóbata de 3.000 m (Stramma *et al.*, 1990 *apud* Lima, 1997), enquanto o outro flui seguindo a linha da quebra da plataforma, onde se estende até o fundo, com uma significativa parte fluindo sobre a plataforma externa, que algumas vezes localiza-se aquém da isóbata de 100 m (Signorini, 1978).

A circulação na camada superficial sobre a quebra da plataforma e no talude é caracterizada pelo fluxo da Corrente do Brasil para sul. Esta corrente representa o limite ocidental do giro subtropical do Atlântico Sul. Poucas medições de correntes foram feitas na CB. As primeiras medições diretas foram feitas por Evans & Signorini (1985), nas latitudes de 20° 30'S e 23°S, as quais apresentaram um fluxo confinado aos primeiros 400 m de profundidade, com uma contra-corrente no sentido norte abaixo destes 400 m iniciais. Na parte norte da área, acima do Cabo de São Tomé, a direção da corrente é para 180°, variando para 220° na região de Cabo Frio. Isto está altamente coerente com a variação da linha de costa (e das isóbatas). Esta mudança afeta significativamente a Corrente do Brasil, induzindo a formação de vórtices e meandros.

A componente que se desloca para sul cobre os primeiros 400 m da coluna d'água, englobando a Água Tropical e grande parte da Água Central do Atlântico Sul (ACAS). O volume estimado transportado pela Corrente do Brasil na região da quebra da plataforma e do talude na latitude de 22° S é de $5,5 \pm 2,6$ Sv (Lima, 1997).

Imagens AVHRR, usadas por Garfield (1990), parecem indicar um padrão de meandramento regular entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio, com a separação ocasional de vórtices ciclônicos (Lima, 1997).

Próximo ao Cabo de São Tomé (22°S), a CB parece ocupar a maior parte da plataforma durante o verão. Medições de correntes, próximo ao Cabo de São Tomé, mostram que a circulação sobre a plataforma interna se dá predominantemente em direção ao sul no verão, alternando entre sudoeste e nordeste durante o inverno, com a magnitude média de 30 a 50 cm/s. Nos primeiros 100 metros da coluna d'água, a velocidade da corrente pode chegar a 1 m/s (Castro & Miranda, 1998).

A água que flui para sudoeste durante o verão é reforçada pelos ventos predominantes, que sopram principalmente de nordeste nesta estação, devido à influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul. No inverno, entretanto, a alta incidência de sistemas frontais induz a ocorrência de correntes com direção nordeste nas porções interna e média da plataforma (Castro & Miranda, 1998).

Outra consequência do predomínio dos ventos de NE é a ressurgência, fenômeno no qual a ACAS penetra sobre a plataforma, levando águas frias em direção à costa. Estes eventos são muito comuns na região de Cabo Frio. Ventos fortes de sudoeste podem impedir a ocorrência do fenômeno nesta área, deslocando a massa d'água fria ressurgida para as proximidades do Cabo de São Tomé, ao norte.

A velocidade da corrente relativa à contribuição da maré é baixa, de cerca de 5 cm/s e, quase em sua totalidade, no eixo perpendicular à plataforma.

A ação forçante residual de ondas aprisionadas na costa, com sentido de propagação norte (para o Equador) é um possível mecanismo para explicar algumas anomalias no campo de correntes. Maiores estudos para esclarecimento deste fator ainda estão sendo desenvolvidos (Lima, 1997).

◆ **DADOS DE VENTO**

Para este estudo, foram utilizados dados de vento medidos em uma bóia oceanográfica localizada no campo de Albacora (Bacia de Campos). Estes dados foram fornecidos pelo Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES), para o ano de 1992, com intervalo de amostragem de 3 horas. A Figura 5.1.4.3-1 apresenta o diagrama de dispersão para a série temporal fornecida, onde foi adotada a convenção meteorológica, isto é, a direção do vento corresponde à direção de onde este vem.

A Tabela 5.1.4.3-1 apresenta a distribuição de ocorrência conjunta de intensidades e direções do vento obtida para os dados fornecidos. Esta tabela demonstra que os ventos mais frequentes são de NE (17,4%) e NNE (16,9%). Os ventos com velocidades médias máximas (9,8 m/s) vieram de NNE; e os ventos mais fortes registrados vieram de SSE (22,3 m/s) e N (19,3m/s). Observando-se a frequência conjunta, o vento mais comum foi proveniente de NE, com velocidades variando entre 8 e 9 m/s.

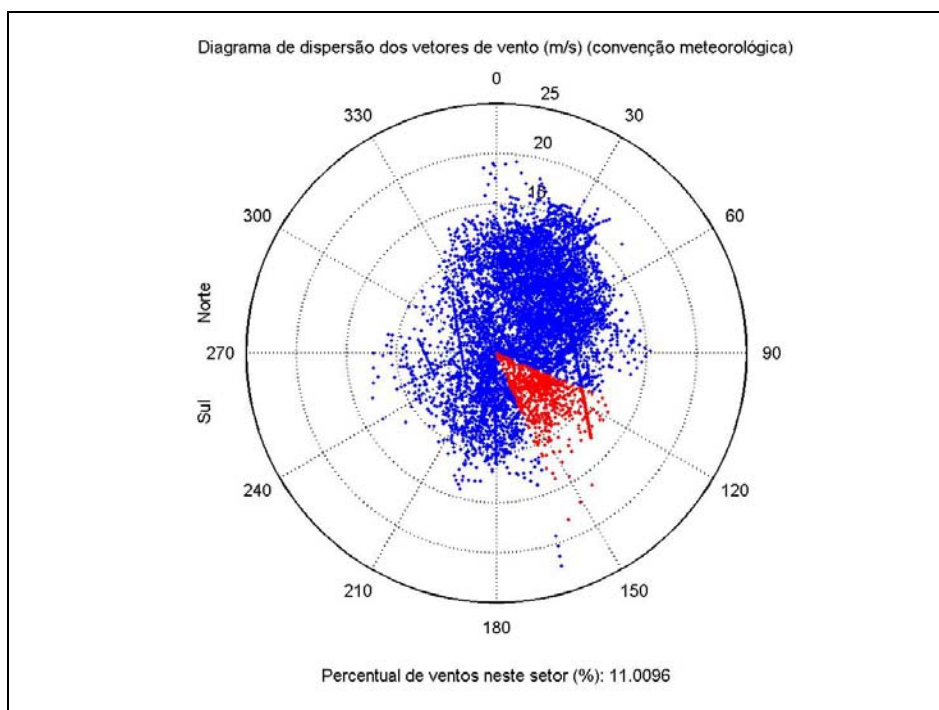


Figura 5.1.4.3-1: Diagrama de dispersão do vento para o ano de 1992, na Baía de Campos.

Tabela 5.1.4.3-1: Diagrama de ocorrência conjunta de intensidade e direção do vento para o ano de 1992 na Baía de Campos.

Ocorrência conjunta de intensidade (m/s) e direção do Vento.
 Obs.: a direção é medida em graus e para o sentido utiliza-se a convenção meteorológica que é de onde o vento vem .

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO	Total	Porc.	Dir.med.
0.0- 1.0	9	13	7	9	11	15	21	13	14	17	10	8	8	10	9	3	177	2.0	156
1.0- 2.0	10	24	15	18	20	25	8	7	20	29	17	19	15	13	10	12	262	3.0	153
2.0- 3.0	18	17	15	24	28	39	24	18	28	45	26	15	16	11	17	27	368	4.2	147
3.0- 4.0	24	27	39	55	66	36	43	90	73	42	16	18	10	12	20	28	599	6.8	126
4.0- 5.0	27	49	113	91	46	53	78	65	47	49	19	25	9	12	19	30	732	8.4	95
5.0- 6.0	30	45	105	129	49	107	108	53	64	40	24	13	6	4	26	20	823	9.4	97
6.0- 7.0	75	113	102	154	87	76	54	61	48	43	22	17	10	2	14	28	906	10.3	74
7.0- 8.0	61	124	123	154	104	28	43	44	51	32	27	12	15	6	10	24	858	9.8	65
8.0- 9.0	93	210	382	225	52	38	38	33	47	59	13	19	6	3	10	36	1264	14.4	51
9.0-10.0	105	135	146	142	26	49	19	17	46	17	2	7	11	2	4	28	756	8.6	48
10.0-11.0	94	150	167	90	17	25	11	5	30	14	0	4	6	0	0	30	643	7.3	38
11.0-12.0	85	149	100	66	11	6	17	11	7	6	1	0	2	0	0	14	475	5.4	36
12.0-13.0	57	147	78	26	11	5	12	7	5	3	0	2	2	0	0	11	366	4.2	32
13.0-14.0	26	101	60	15	12	0	0	5	0	4	0	2	0	0	0	9	234	2.7	32
14.0-15.0	14	83	34	2	6	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	141	1.6	30
15.0-16.0	7	65	21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94	1.1	26
16.0-17.0	2	17	8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0.3	29
17.0-18.0	3	8	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0.2	28
18.0-19.0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.1	9
19.0-20.0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.0	21
20.0-21.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0	162
21.0-22.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0	163
22.0-23.0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0	163
Total	746	1477	1522	1200	547	502	477	436	480	401	177	161	116	75	139	300	8756		
Porc.	8.5	16.9	17.4	13.7	6.2	5.7	5.4	5.0	5.5	4.6	2.0	1.8	1.3	0.9	1.6	3.4			
Vel.med.	9.0	9.8	8.6	7.5	6.4	5.9	5.9	5.9	6.0	5.6	4.8	5.2	5.3	3.6	4.6	6.9			
Vel.max.	19.3	18.0	17.6	14.8	15.3	12.6	16.3	22.3	13.0	14.1	11.4	13.1	12.4	9.9	9.7	13.8			
Percts(0,9)	12.0	14.0	12.0	10.0	10.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	7.0	8.0	9.0	7.0	7.6	11.0			

◆ MODELO HIDRODINÂMICO

Para caracterização dos padrões de circulação foram utilizados campos de velocidades gerados pelo modelo *POCM* (WOCE Parallel Ocean Climate Model) ajustado para modelar as correntes oceânicas da costa sudeste do Brasil, acoplado a um modelo implementado pela *ASA SOUTH AMERICA* no mesmo domínio, visando a introdução de respostas da plataforma as forçantes locais. Os campos de velocidade de baixa frequência foram fornecidos pelo Centro de Pesquisas da PETROBRAS (CENPES) para o ano de 1992 com resultados a cada 3 dias, cobrindo a região oceânica compreendida entre as latitudes 13° e 30°S e as longitudes 30° e 50°W. O campo hidrodinâmico resultante da combinação destes modelos foi utilizado como base para o modelo de óleo, apresentando resultados a cada 3 horas para o ano de 1992. Salienta-se que esta implementação encontra-se em contínuo desenvolvimento devido à extensão e complexidade da área.

Na Figura 5.1.4.3-2 (a e b) são apresentados campos de velocidades típicos observados nos resultados do modelo para verão e inverno, respectivamente, onde se destaca a definição da Corrente do Brasil. Na Figura 5.1.4.3-3 observa-se a grade utilizada no modelo hidrodinâmico.

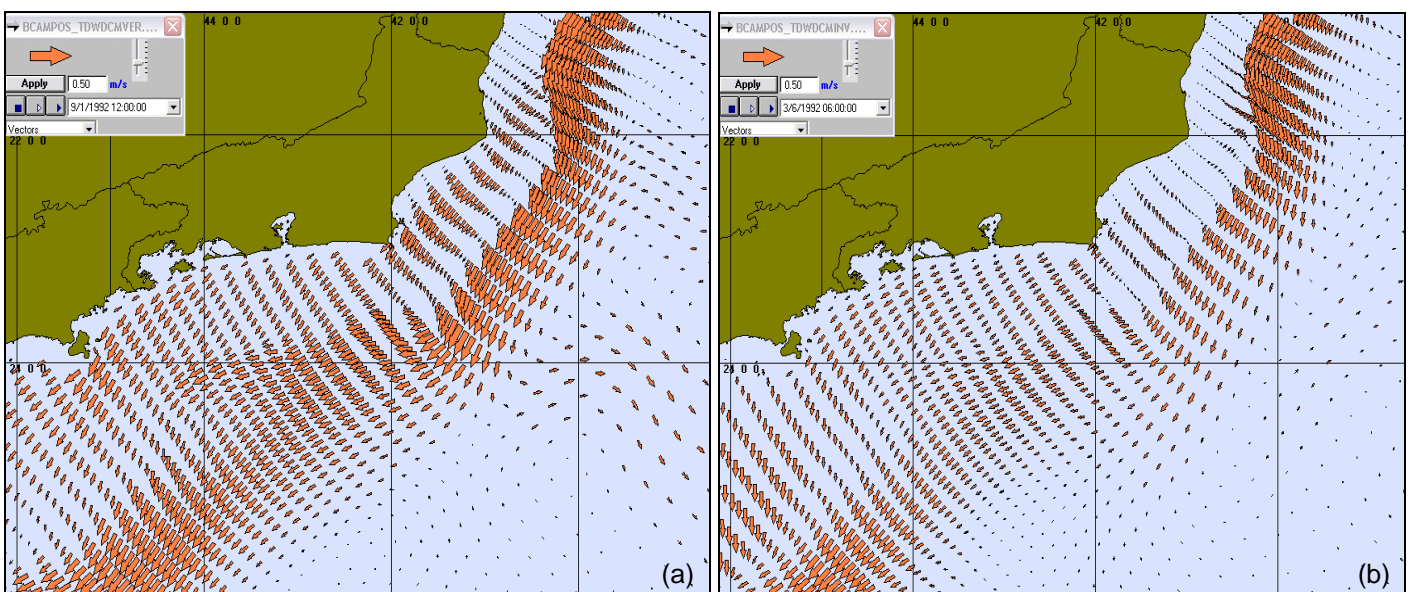


Figura 5.1.4.3-2: Exemplos ilustrativos de campos de velocidades obtidos com os modelos hidrodinâmicos para verão (a) e inverno (b), no ano de 1992.

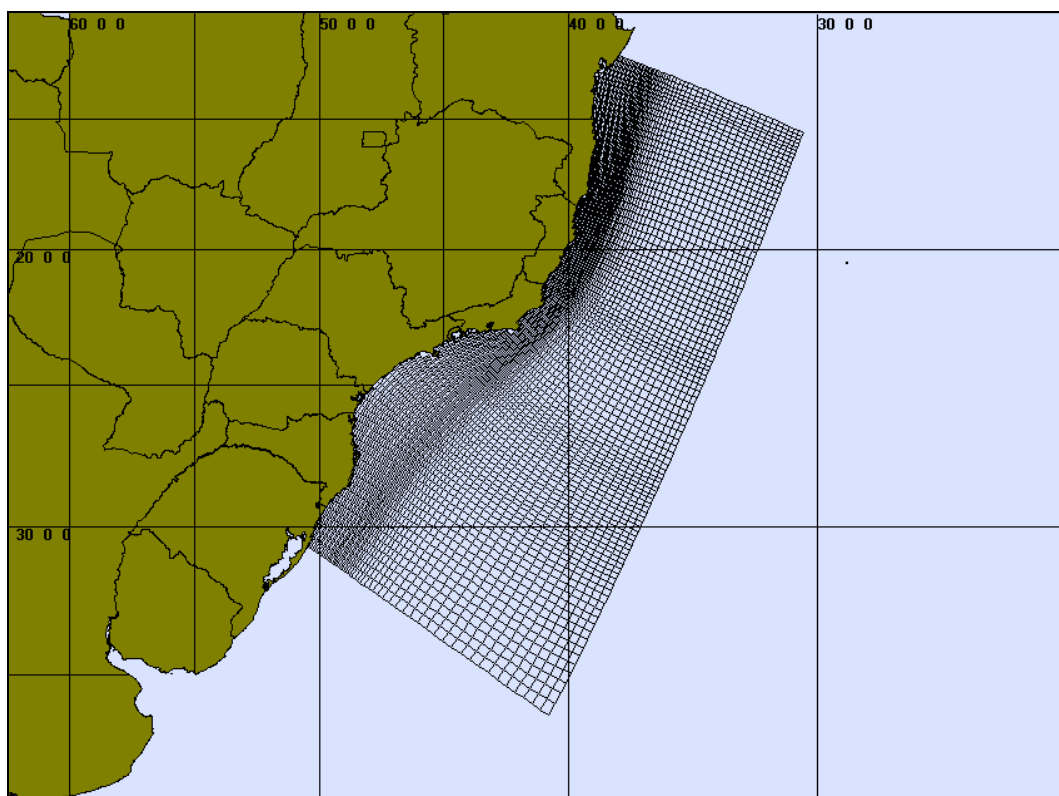


Figura 5.1.4.3-3: Grade utilizada no modelo hidrodinâmico.

◆ **MODELO DE ÓLEO – OILMAP**

O sistema *OILMAP*, representando o estado da arte em sistemas de modelos para simulação de derrame de óleo, foi utilizado neste estudo para previsão da trajetória e transformações biogeoquímicas de potenciais acidentes com petróleo na Bacia de Campos.

Primeiramente foi definida a área de estudo para o ponto de derrame. Nesta área, foi definido um conjunto de duas grades computacionais, ou malhas, sobrepostas ao mapa digital da área de estudo. A primeira define quais células ou blocos correspondem à área de terra e quais à área de água, com a interface definindo a linha de costa. A linha de costa é representada por uma série de blocos que limita a extensão na qual a mancha de óleo pode se movimentar. A outra grade, compreendendo apenas a região de água, define o campo de circulação, sendo oriunda do modelo hidrodinâmico.

Os conjuntos de dados de entrada e parâmetros do modelo que definem um cenário são: ponto de derrame, tipo de óleo, data, horário e duração do derrame, campo de correntes, arquivo de dados meteorológicos, opções de saída e parâmetros de simulação. Os resultados de cada simulação correspondem, então, a um único cenário, definido pelo arquivo de entrada de dados e parâmetros. O modelo de trajetória e transformações biogeoquímicas simula o transporte e a degradação do óleo a partir de derrames instantâneos ou contínuos. O modelo apresenta os resultados das simulações através da localização da mancha, concentração do óleo de superfície e sub-superfície *versus* tempo. O sistema também calcula e apresenta, graficamente, o balanço de massa do óleo derramado, em termos da porcentagem de óleo na superfície, na coluna d'água, evaporado, na linha de costa e fora da área de estudo.

A simulação é iniciada no momento especificado pelo arquivo de entrada, quando a liberação do óleo começa; o modelo calcula a trajetória da mancha e transformações biogeoquímicas para cada ponto da grade. Estas transformações (por exemplo: evaporação, espalhamento) que o modelo simula, resultam em uma distribuição de massa sobre quanto deste óleo se move para os pontos de grades circundantes, o quanto adentra na coluna d'água e o quanto evapora. O modelo calcula a quantidade de óleo em cada bloco e quais as propriedades resultantes após as moléculas mais leves terem sido evaporadas e as mais pesadas terem adentrado na coluna d'água. Estes cálculos se repetem para todos os pontos da grade, em cada passo de tempo simulado. Os processos biogeoquímicos do óleo que eventualmente entra em contato com a linha de costa são calculados em função do quanto se prende à costa e o quanto se ressuspensa, caso as condições meteorológicas e oceanográficas se alterem.

No modo probabilístico, o modelo pode ser aplicado para determinar as trajetórias mais prováveis para os derrames, em bases mensais, sazonais ou anuais. Os resultados deste tipo de simulação incluem mapas mostrando as probabilidades de contato com óleo em cada ponto da grade computacional, na linha de costa e o tempo de deslocamento da mancha.

5.1.4.4 Caracterização do Óleo

Com base nas informações fornecidas pela CEPEMAR/PETROBRAS, o óleo tipo JUBARTE foi utilizado em todas as simulações. As características definidas para o óleo cru são as seguintes (Tabela 5.1.4.4-1):

Tabela 5.1.4.4-1: Características do óleo JUBARTE.

PARÂMETRO	VALOR
Nome do óleo	JUBARTE
Grau API	16,8
Densidade	0,951 g/cm ³
Viscosidade dinâmica a 25°C	4.369,33 cP
Tensão Interfacial	39,8 Din/cm
Conteúdo máximo de água	80%
Espessura mínima	0,1mm
Temperatura de combustão	-
Ponto de ebulição inicial	582,3 K
Gradiente da curva de evaporação	141,512
Constante de evaporação A	27,49
Constante de evaporação B	22,067

5.1.4.5 Descrição dos Cenários

Utilizando-se o *OILMAP* em modo probabilístico é possível levar em consideração a variabilidade das forçantes ambientais. No modo probabilístico as simulações foram realizadas através da variação aleatória do momento de início do derrame dentro do período para o qual se dispunha de dados de vento (1º de janeiro a 31 de dezembro de 1992), dividido em dois períodos correspondendo ao verão (janeiro a março) e inverno (junho a agosto). Uma vez identificado o instante de início do derrame, o campo de velocidades associado ao mesmo (mesmo dia e mês) é também identificado e utilizado ao longo do período de simulação. Assim, as múltiplas trajetórias são utilizadas para a produção de curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de

óleo em cada ponto da grade computacional (área de estudo). Os resultados em forma gráfica são apresentados como contornos de probabilidade da presença de óleo na água e na costa. Nos estudos de avaliação de impacto ambiental e análise de risco, estas probabilidades de presença de óleo e tempo de deslocamento da mancha podem ser correlacionadas a recursos naturais armazenados no banco de dados (*GIS*), de forma a auxiliar na avaliação de impactos ambientais em termos da probabilidade da presença de óleo em regiões importantes.

Para que se pudesse incorporar a variabilidade das forçantes meteorológicas e oceanográficas, em cada cenário probabilístico foram realizadas uma série de 300 simulações com o modelo *OILMAP*. Tais cenários probabilísticos estão resumidos na Tabela 5.1.4.5-1.

Tabela 5.1.4.5-1: Cenários considerados nas simulações probabilísticas de derrames de óleo.

Cenário	Produto (petróleo)	Volume (m ³)	Estação do ano	Tempo
P34_VER_8_20PPM	JUBARTE	8 (a)	Verão	Até atingir 20 mg/L
P34_INV_8_20PPM	JUBARTE	8 (a)	Inverno	Até atingir 20 mg/L
P34_VER_200_6HORAS	JUBARTE	200 (b)	Verão	6 horas
P34_INV_200_6HORAS	JUBARTE	200 (b)	Inverno	6 horas
P34_VER_200_9HORAS	JUBARTE	200 (b)	Verão	9 horas
P34_INV_200_9HORAS	JUBARTE	200 (b)	Inverno	9 horas
P34_VER_PIORCASO_6HORAS	JUBARTE	pior caso (c)	Verão	6 horas
P34_INV_PIORCASO_6HORAS	JUBARTE	pior caso (c)	Inverno	6 horas
P34_VER_PIORCASO_9HORAS	JUBARTE	pior caso (c)	Verão	9 horas
P34_INV_PIORCASO_9HORAS	JUBARTE	pior caso (c)	Inverno	9 horas
P34_VER_PIORCASO_12HORAS	JUBARTE	pior caso (c)	Verão	12 horas
P34_INV_PIORCASO_12HORAS	JUBARTE	pior caso (c)	Inverno	12 horas
P34_VER_PIORCASO_36HORAS	JUBARTE	pior caso (c)	Verão	36 horas
P34_INV_PIORCASO_36HORAS	JUBARTE	pior caso (c)	Inverno	36 horas
P34_VER_PIORCASO_60HORAS	JUBARTE	pior caso (c)	Verão	60 horas
P34_INV_PIORCASO_60HORAS	JUBARTE	pior caso (c)	Inverno	60 horas
P34_INV_PIORCASO_20MGL	JUBARTE	pior caso (c)	Verão	30 dias
P34_INV_PIORCASO_20MGL	JUBARTE	pior caso (c)	Inverno	30 dias

Para um derrame de 200 m³ foi observado que a mancha atinge a concentração calculada de 20 mg/L em menos de 9h. Para um derrame com volume de “pior caso” (66.614 m³) foi observado que a mancha atinge a concentração de 20 mg/L em aproximadamente 30 dias.

Definição dos volumes, segundo CONAMA 293

- Pequeno:** 8 m³
- Médio:** 200 m³
- Pior caso:** 66.614 m³

Para todos os volumes simulados foi considerado um derrame instantâneo. Ou seja, todo o volume de óleo é lançado na superfície a um só tempo.

5.1.4.6 Resultados das Simulações para um Potencial Acidente no Local de Estudo

◆ *SIMULAÇÕES PROBABILÍSTICAS*

O modelo *OILMAP* foi utilizado para simular os cenários descritos na seção anterior e produzir as curvas de contorno, demonstrando a probabilidade da presença de óleo em cada ponto da área de estudo. Nestas simulações foram consideradas como forçantes hidrodinâmicas os campos de correntes obtidos através da modelagem (conforme descrito na Seção 2.4, representativos das Correntes do Brasil e das correntes Costeiras) e os dados de vento medidos na Bacia de Campos (descritos na Seção 2.3) para o ano de 1992.

As Figuras 5.1.4.6-1 a 5.1.4.6-26 mostram os contornos de probabilidade da presença de óleo, na água e na costa, e região de toque na costa para os cenários de acidentes no FPSO P-34 ocorrendo durante os meses de verão (janeiro a março) e inverno (junho a agosto). Praticamente em todas as simulações a mancha se deslocou para sudoeste, seguindo a orientação da Corrente do Brasil.

Cabe ressaltar que todas as simulações realizadas não levam em conta as ações provenientes de Planos de Contingência e Planos de Ações Emergenciais.

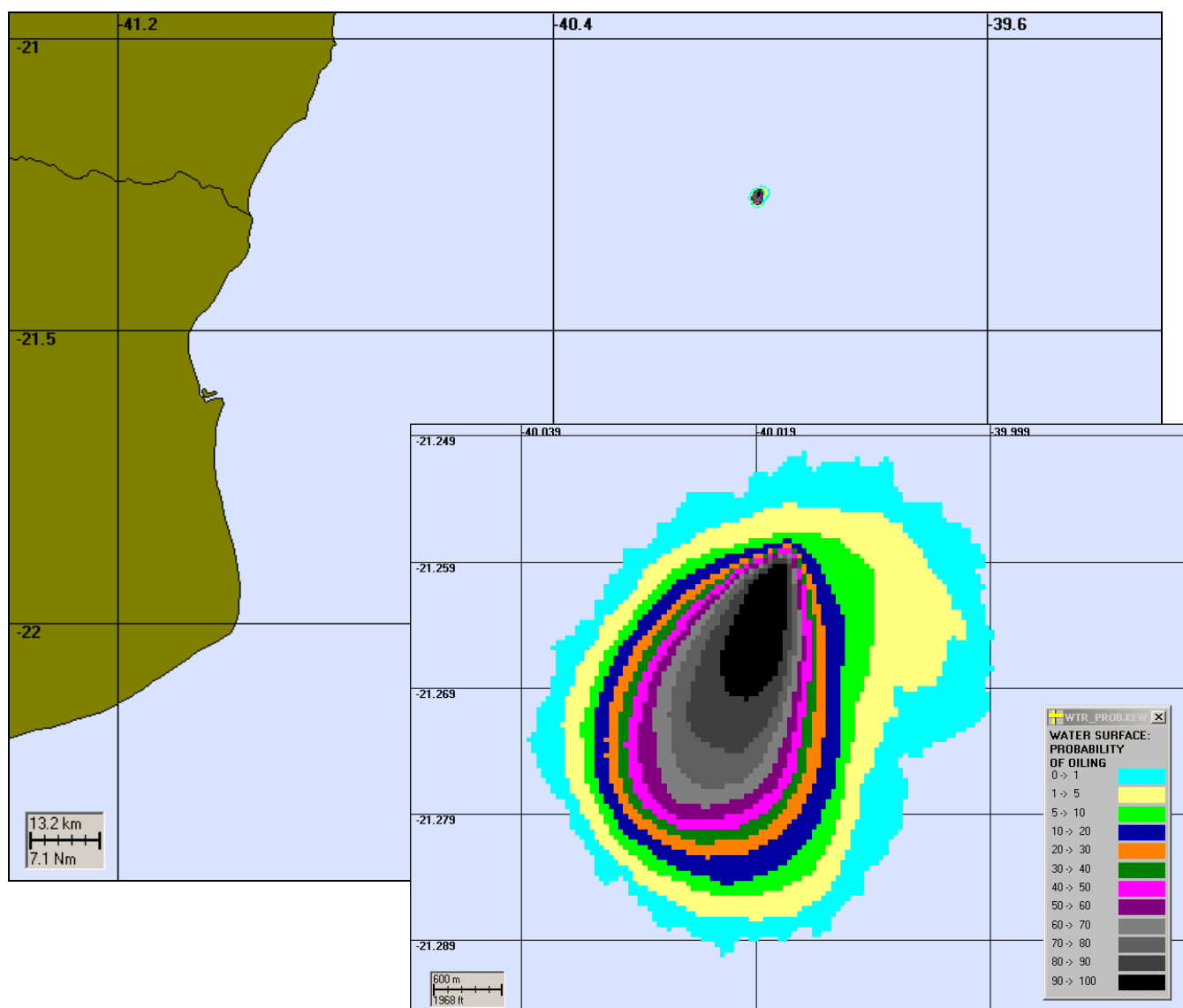


Figura 5.1.4.6-1: Cenário P-34_VER_8_1H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de 8m³ após 1 hora atingindo 20ppm.

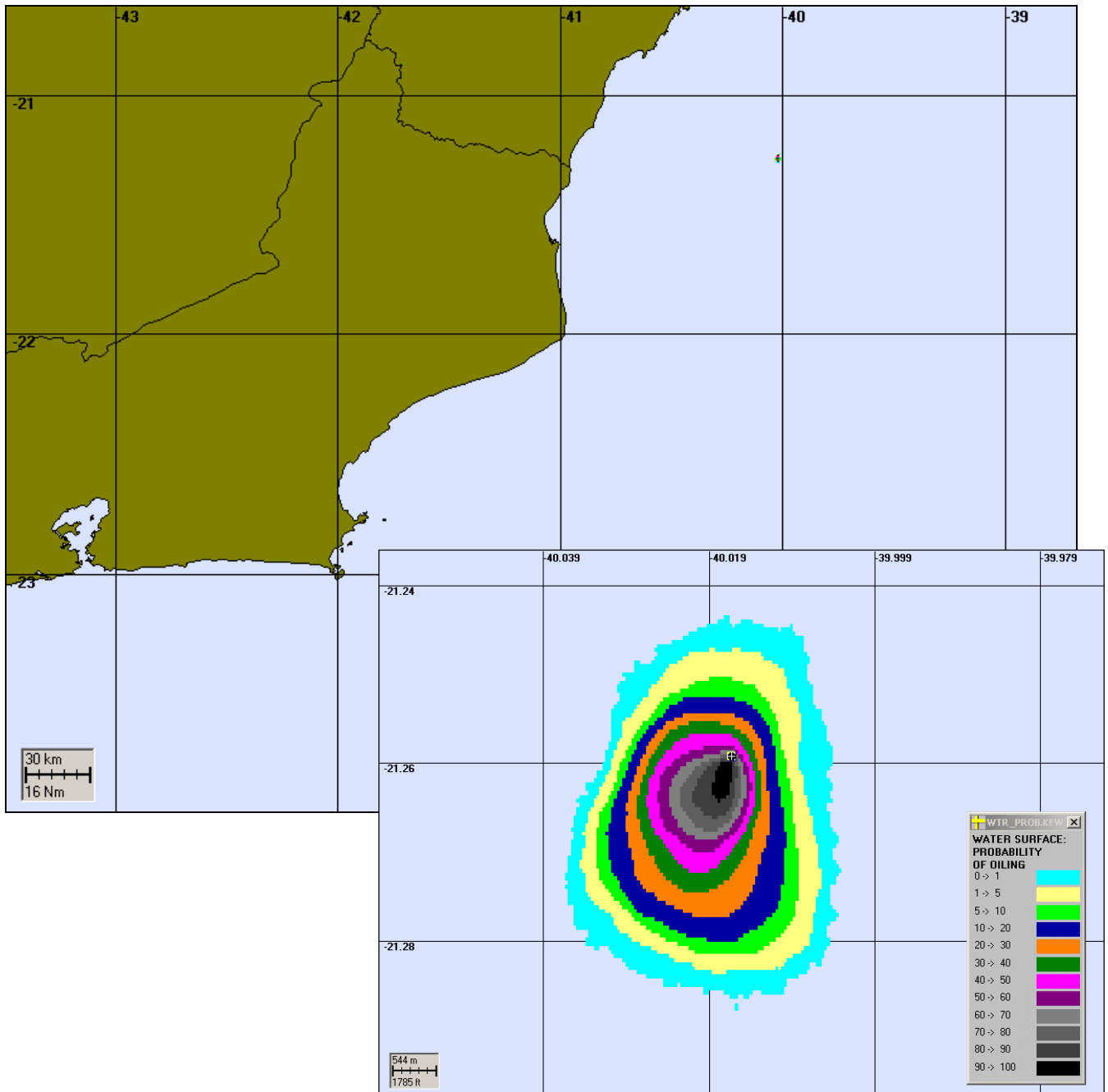


Figura 5.1.4.6-2: Cenário P-34_INV_8_1H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 8m³ após 1 hora atingindo 20ppm.

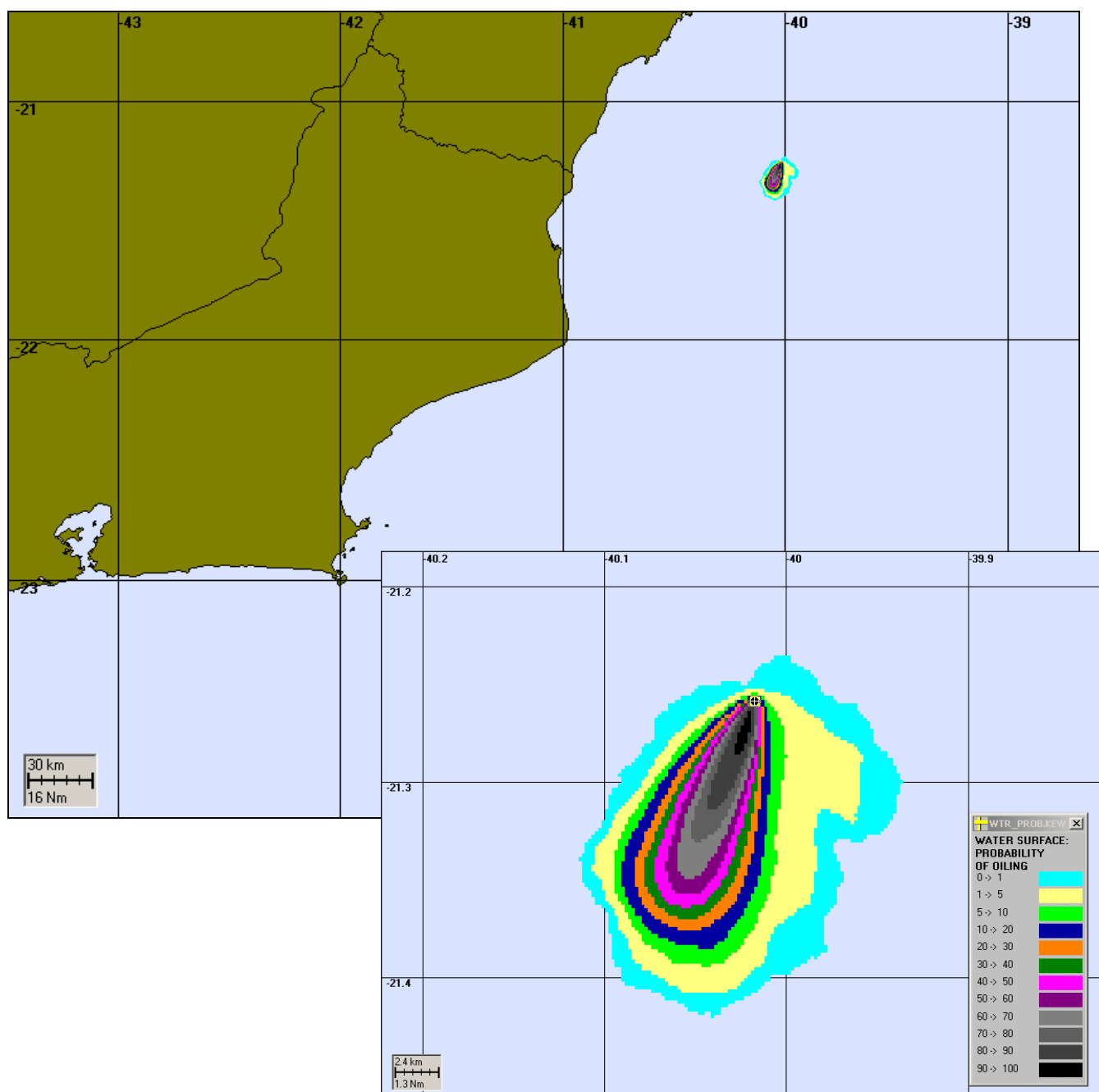


Figura 5.1.4.6-3: Cenário P-34_VER_200_6H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de 200m³ após 6 horas.

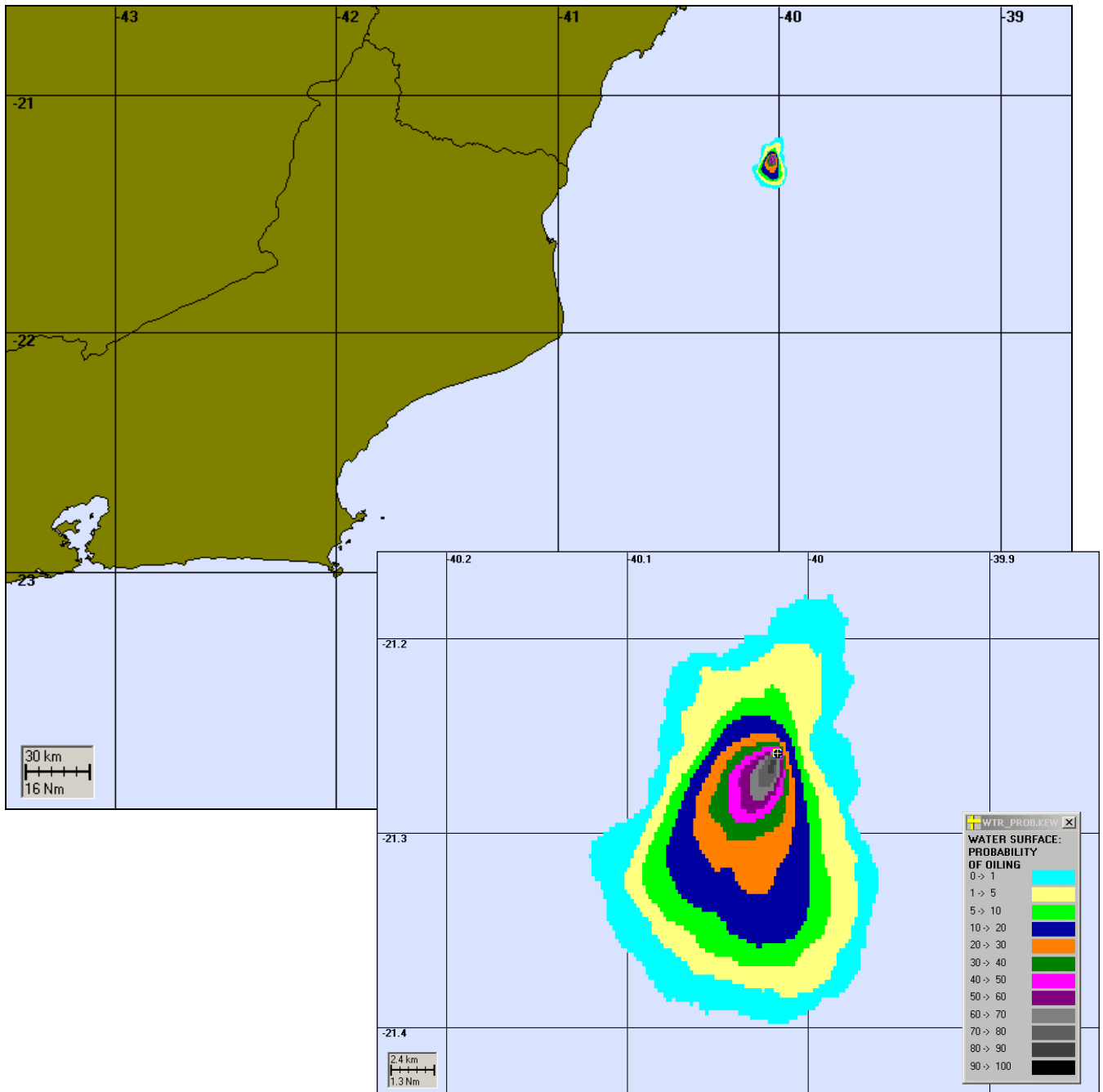


Figura 5.1.4.6-4: Cenário P-34_INV_200_6H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 200m³ após 6 horas.

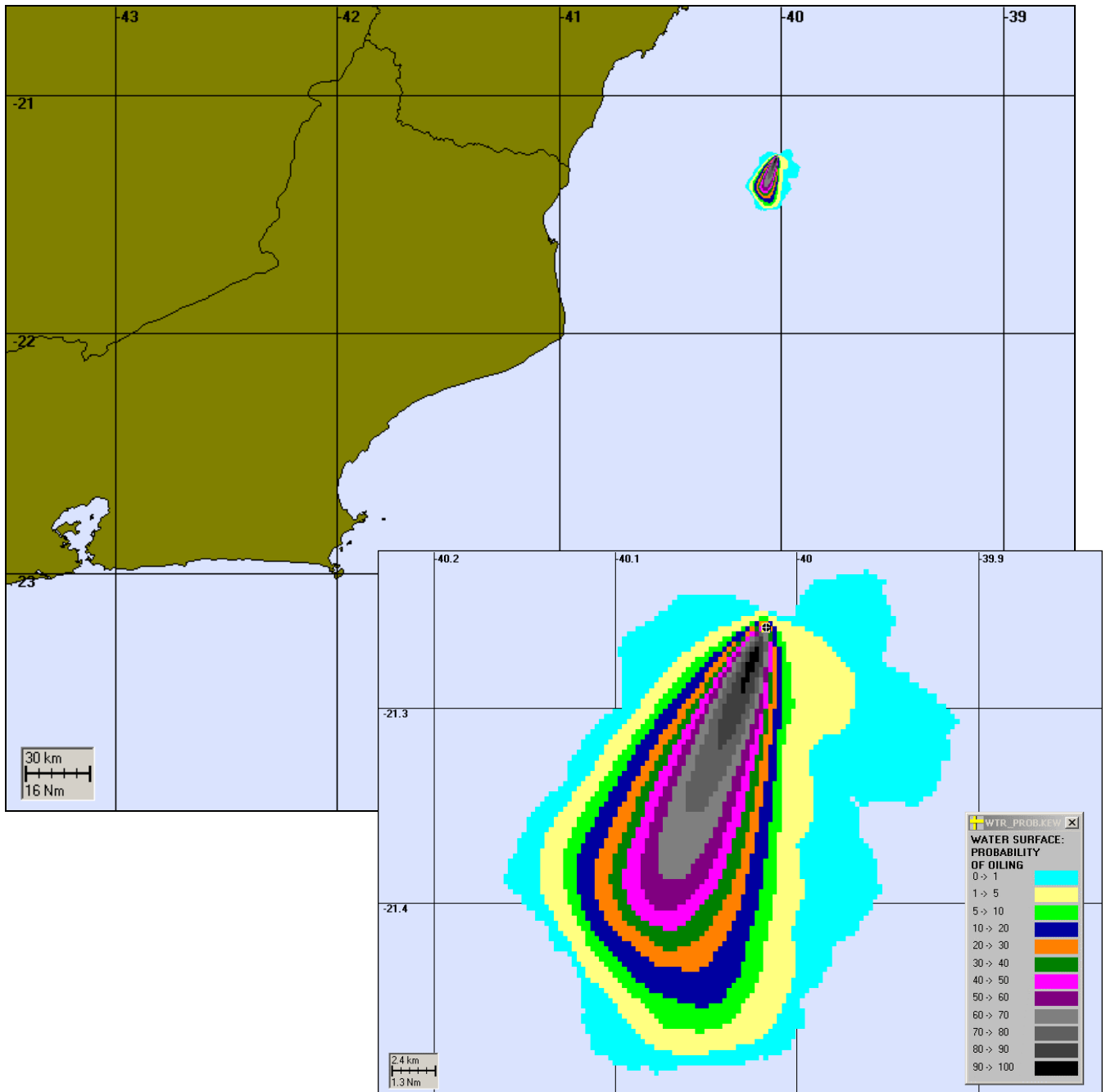


Figura 5.1.4.6-5: Cenário P-34_VER_200_9H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de 200m³ após 9 horas.

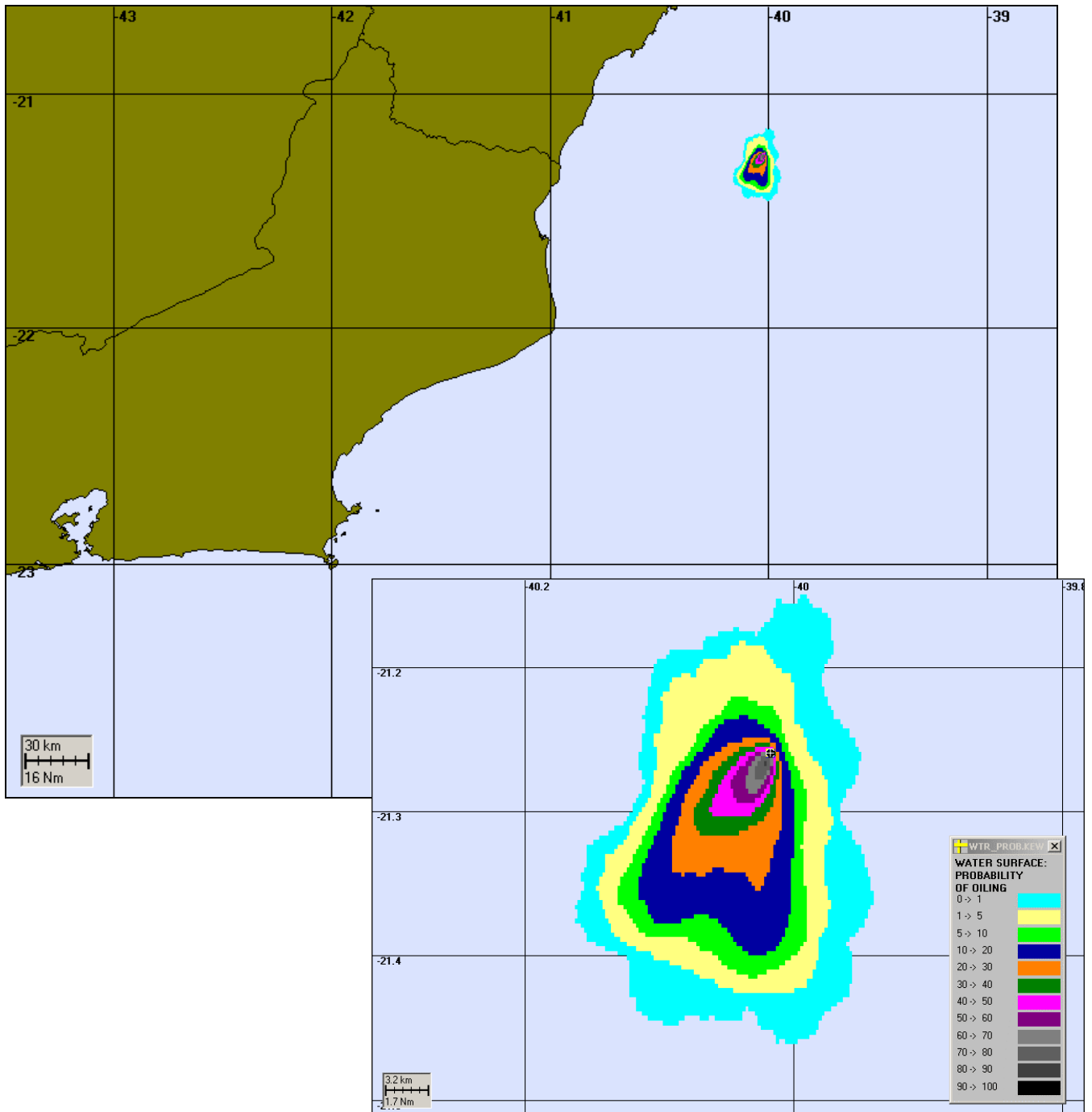


Figura 5.1.4.6-6: Cenário P-34_INV_200_9H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 200m³ após 9 horas.

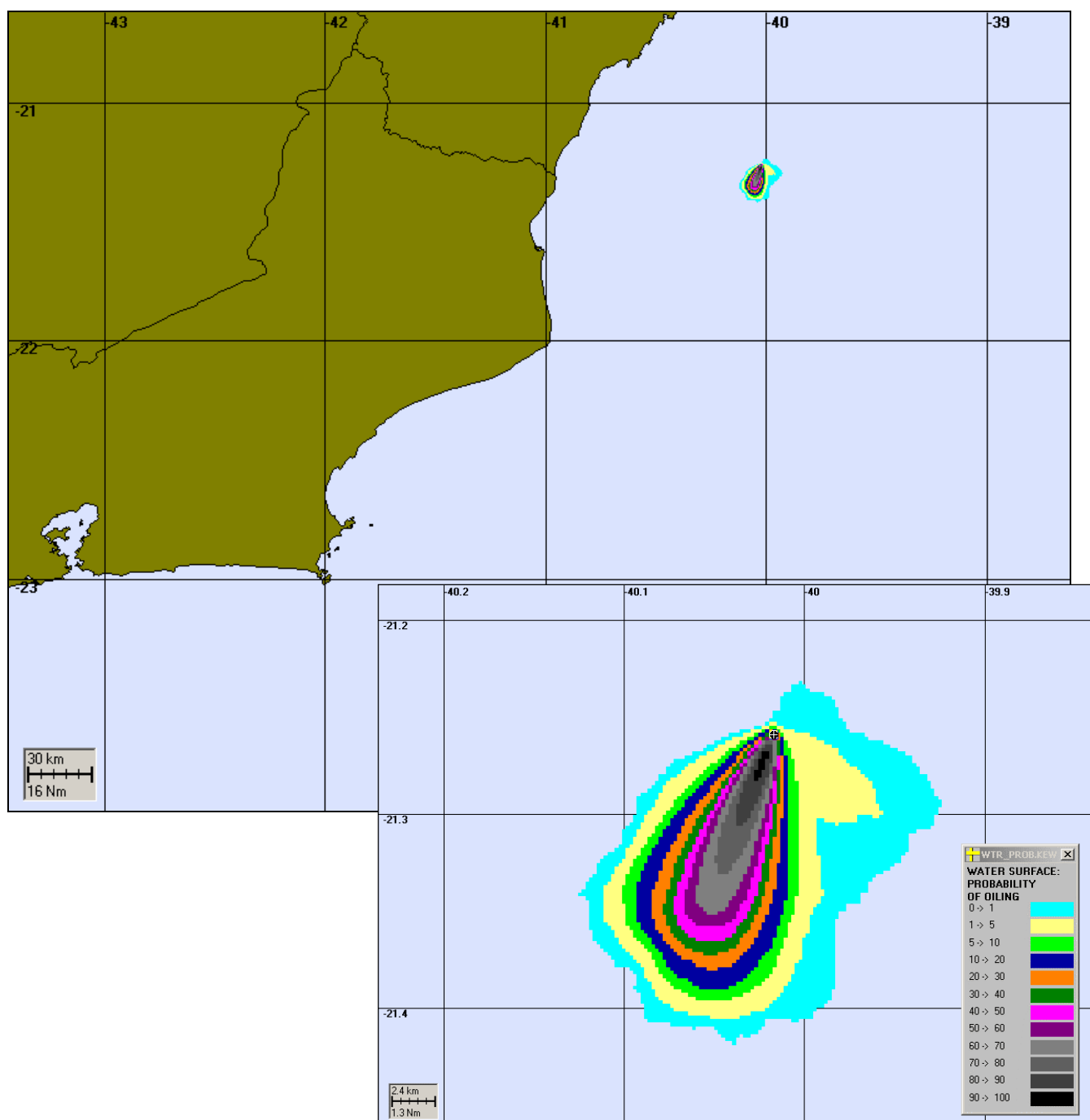


Figura 5.1.4.6-7: Cenário P-34_VER_PIORCASO_6H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de 66.614m³ após 6 horas.

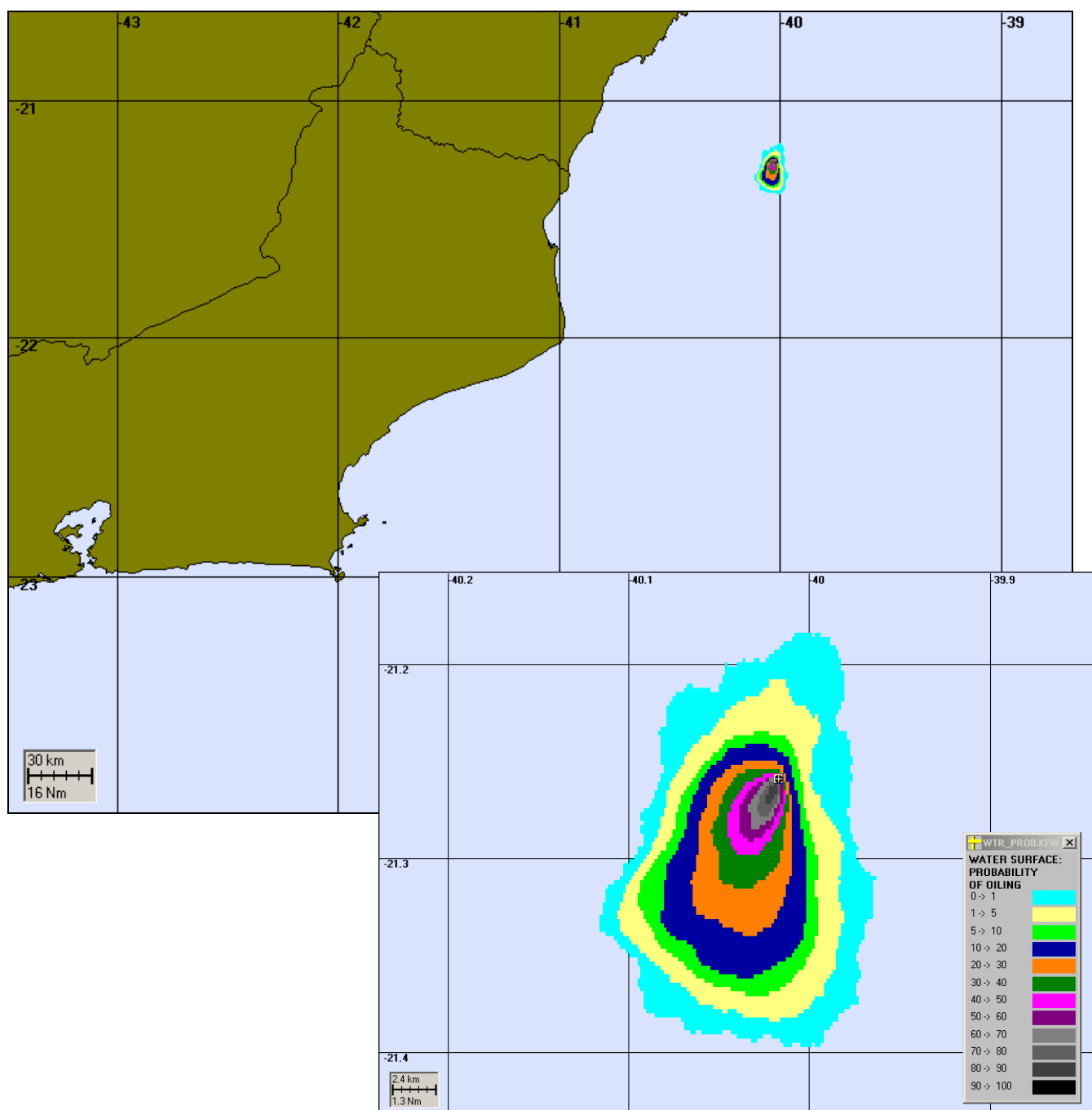


Figura 5.1.4.6-8: Cenário P-34_INV_PIORCASO_6H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 66.614m³ após 6 horas.

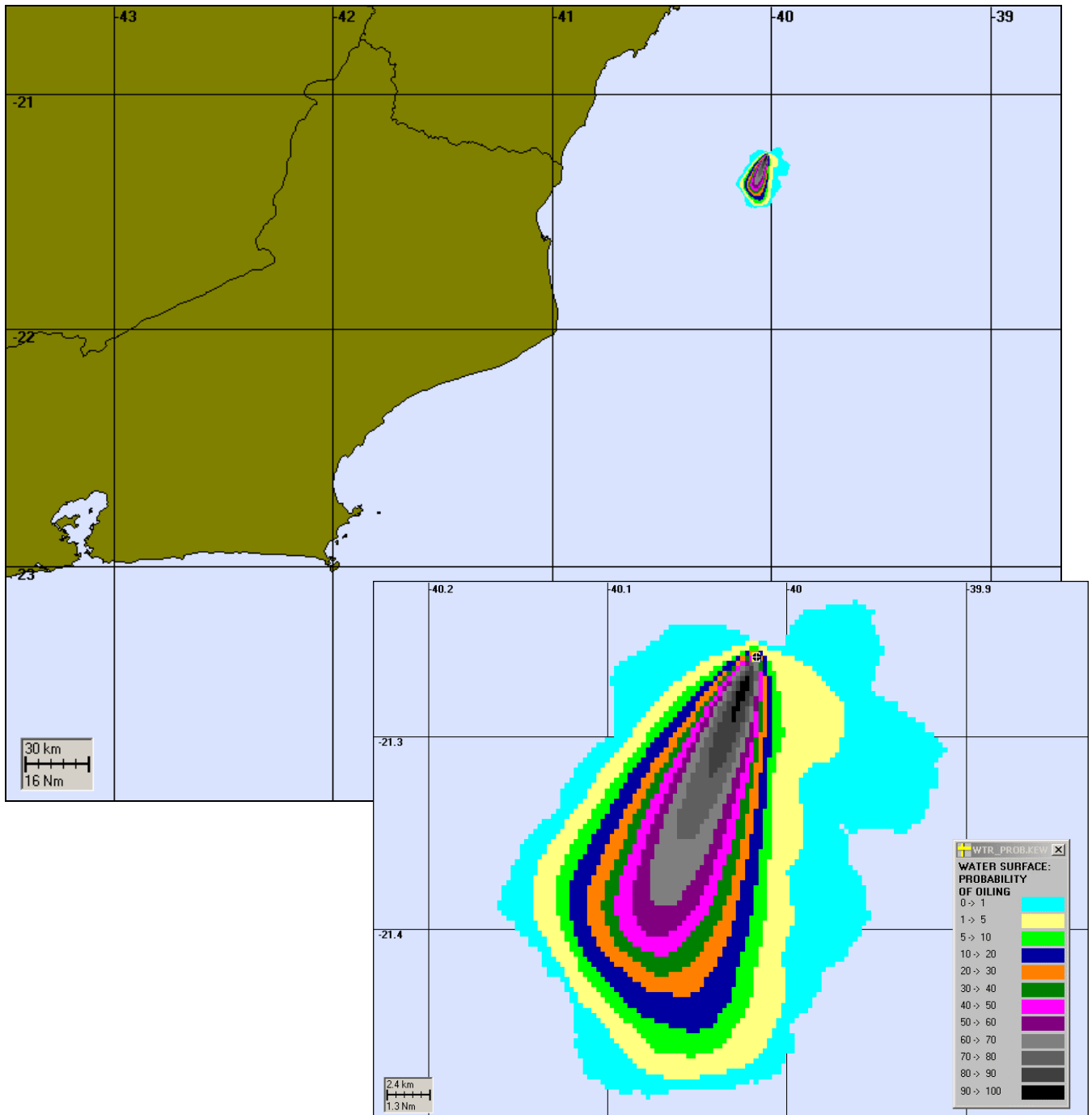


Figura 5.1.4.6-9: Cenário P-34_VER_PIORCASO_9H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de 66.614 m³ após 9 horas.

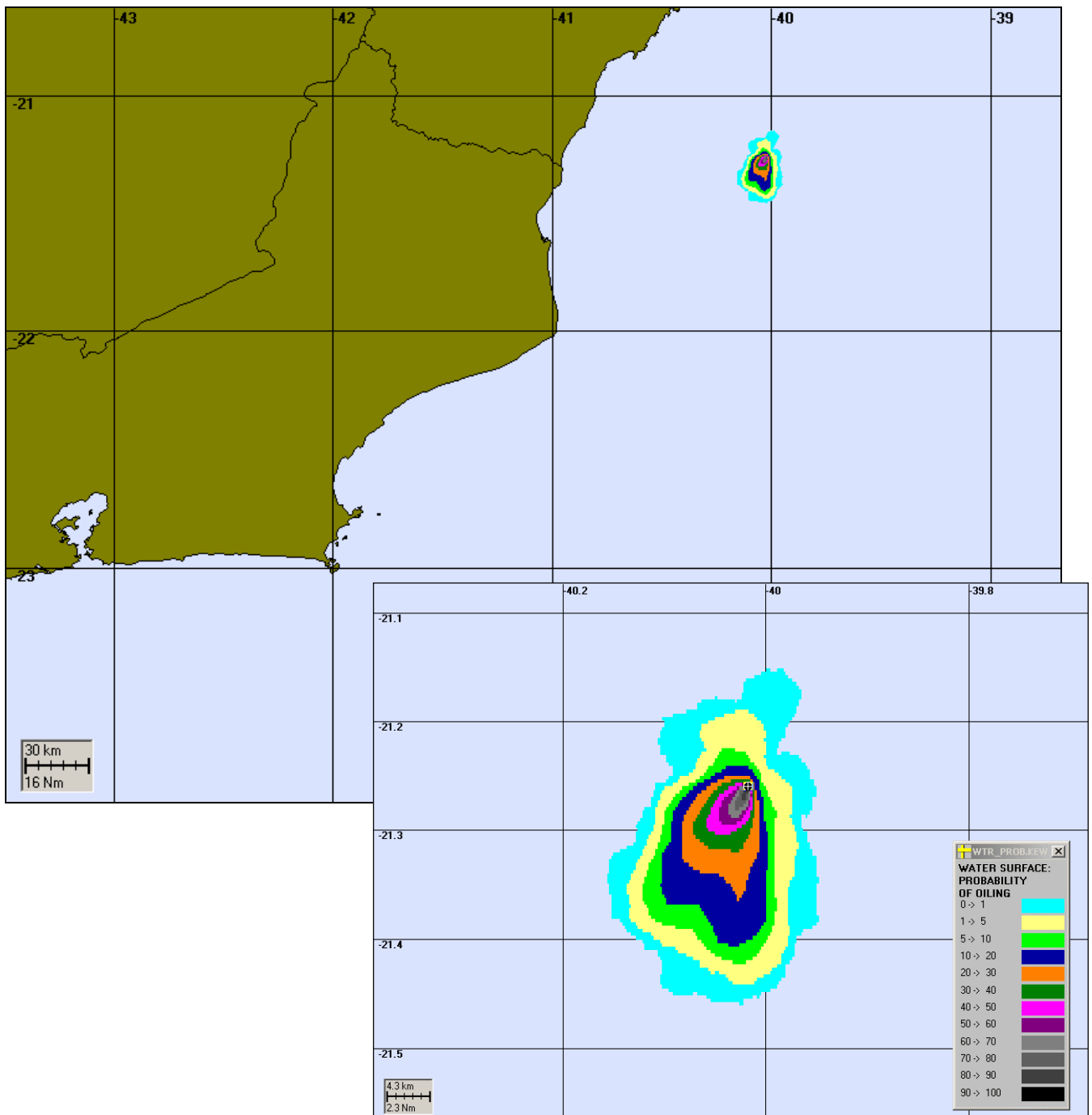


Figura 5.1.4.6-10: Cenário P-34_INV_PIORCASO_9H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 66.614m³ após 9 horas.

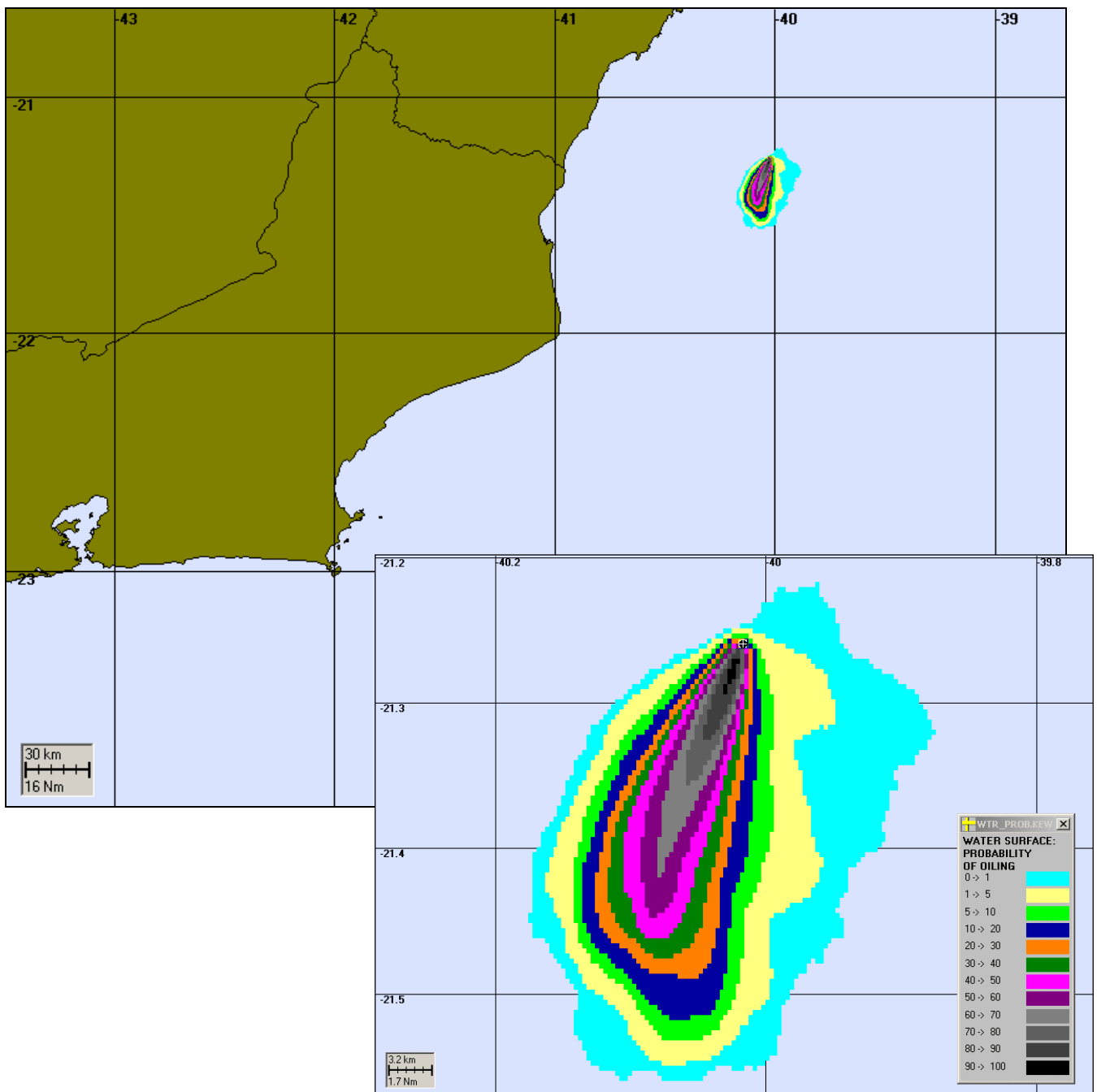


Figura 5.1.4.6-11: Cenário P-34_VER_PIORCASO_12H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de 66.614 m³ após 12 horas.

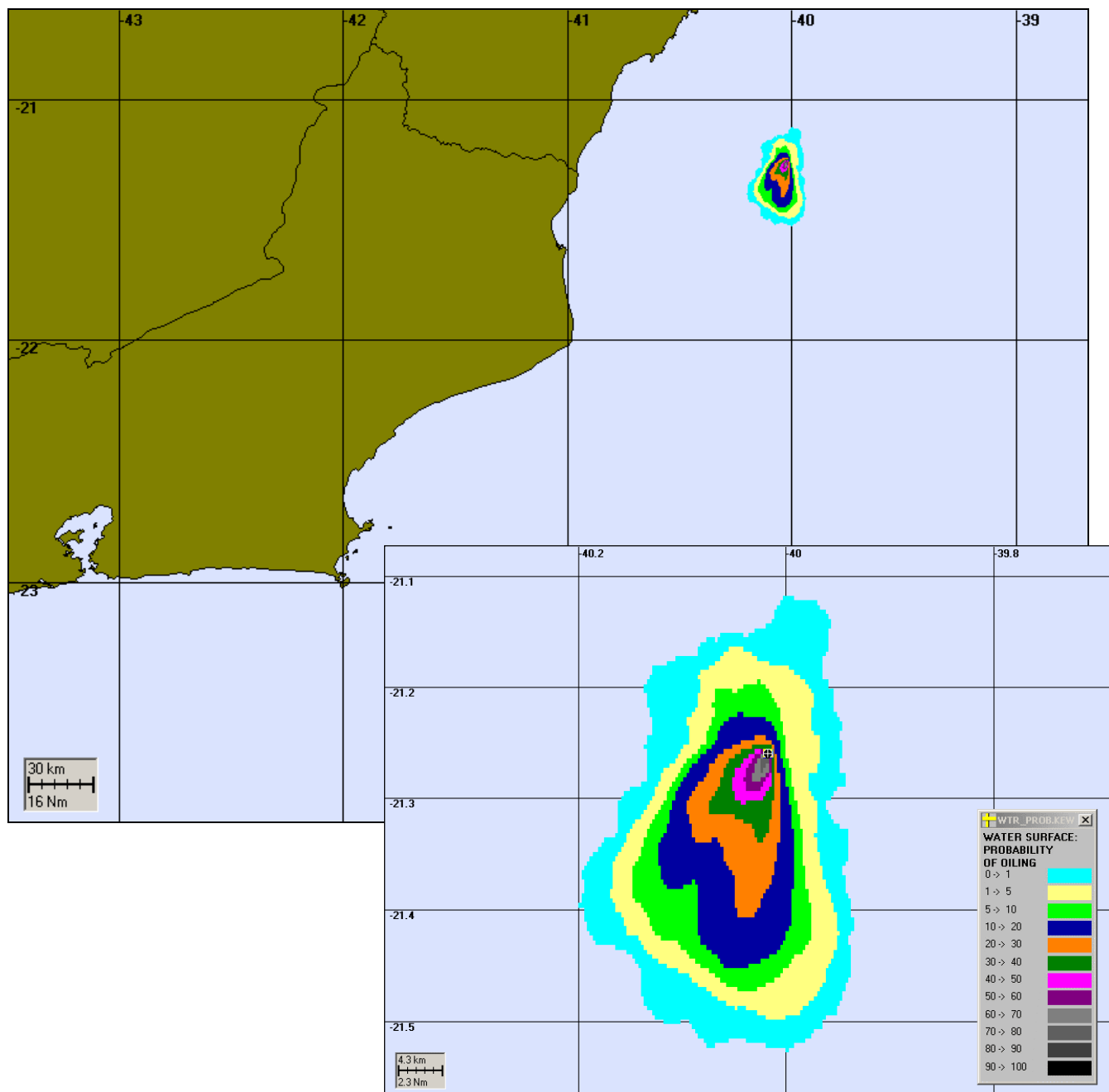


Figura 5.1.4.6-12: Cenário P-34_INV_PIORCASO_12H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 66.614 m³ após 12 horas.

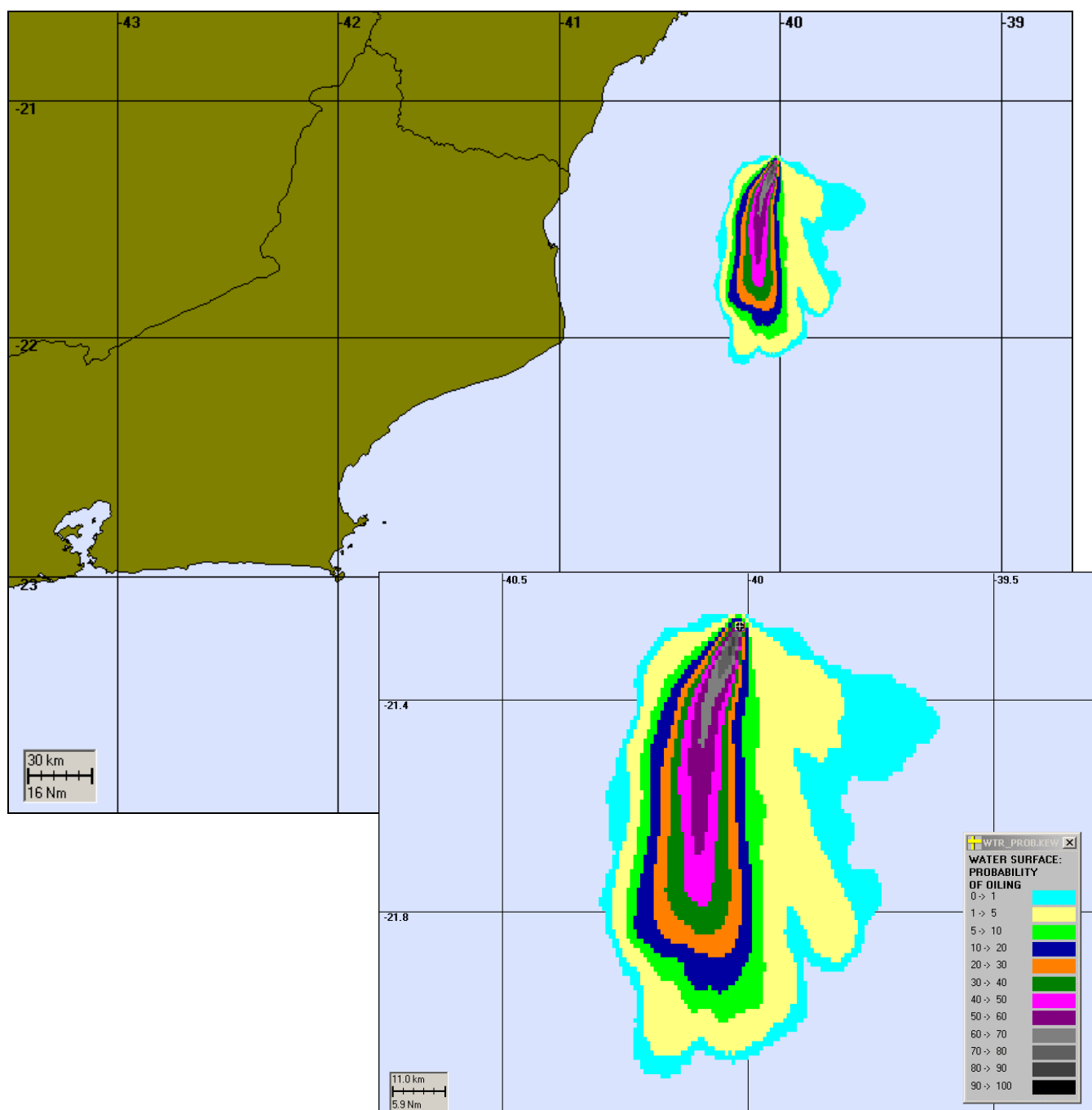


Figura 5.1.4.6-13: Cenário P-34_VER_PIORCASO_36H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de 66.614 m³ após 36 horas.

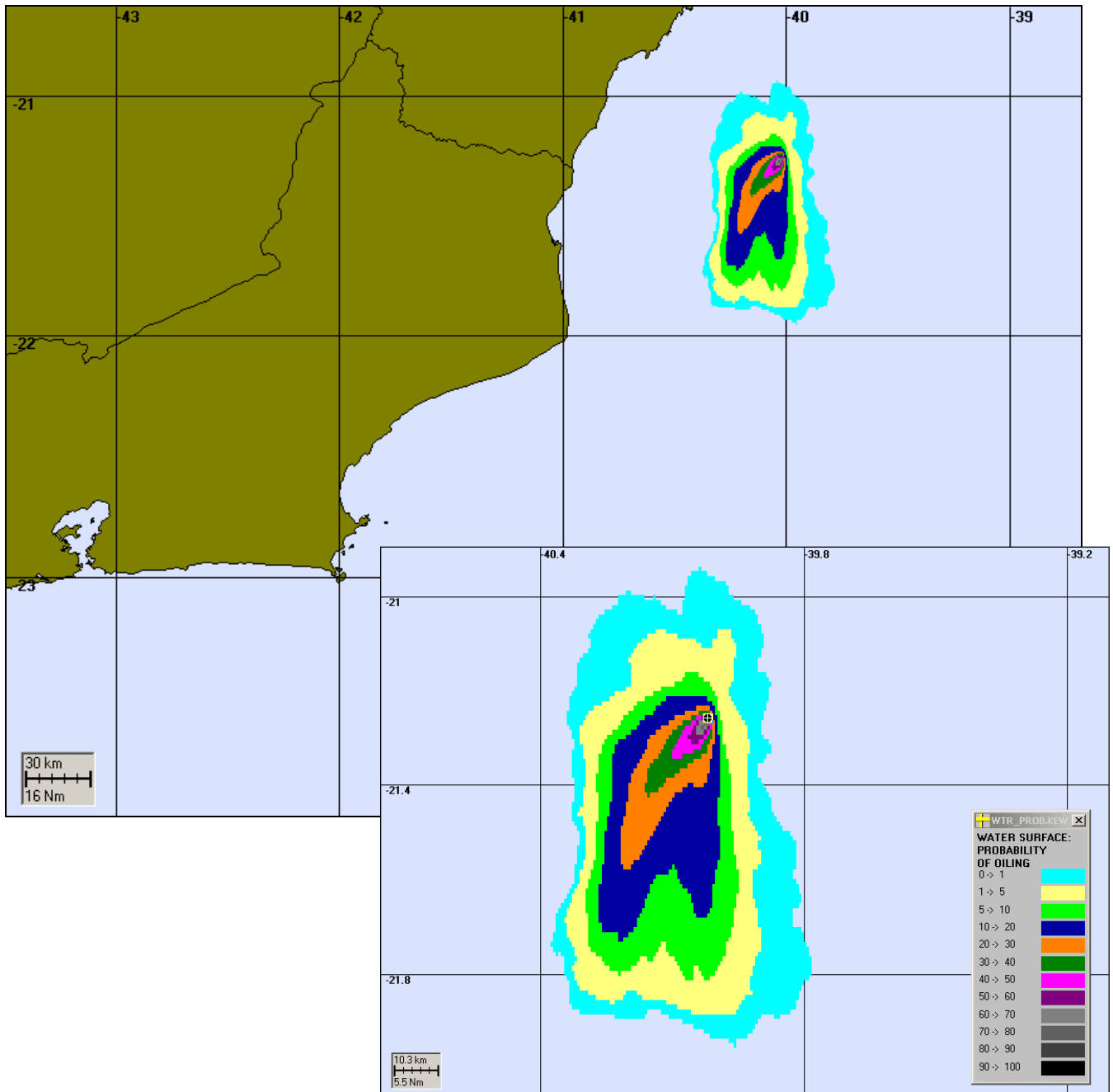


Figura 5.1.4.6-14: Cenário P-34_INV_PIORCASO_36H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 66.614 m³ após 36 horas.

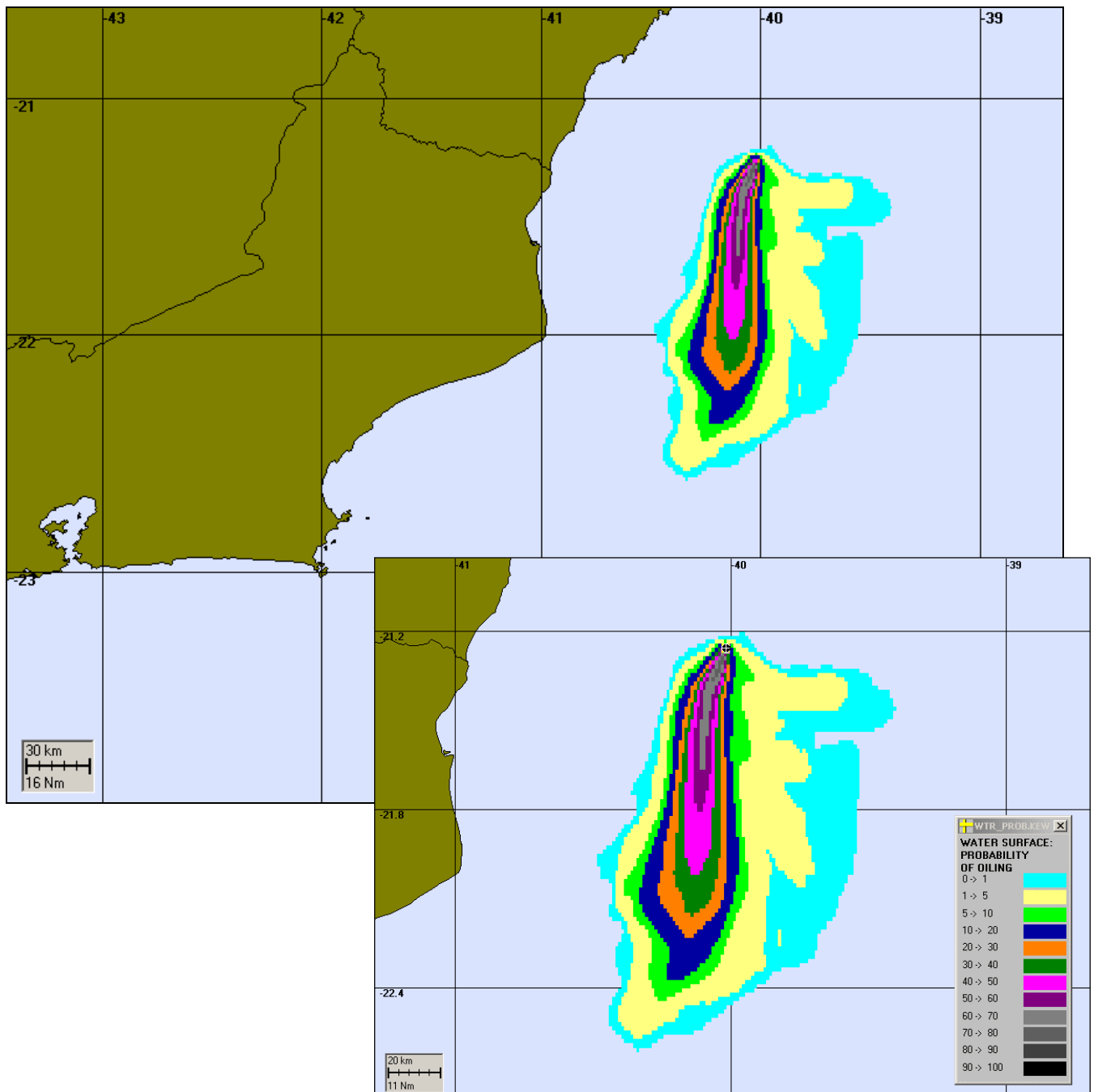


Figura 5.1.4.6-15: Cenário P-34_VER_PIORCASO_60H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de 66.614 m³ após 60 horas.

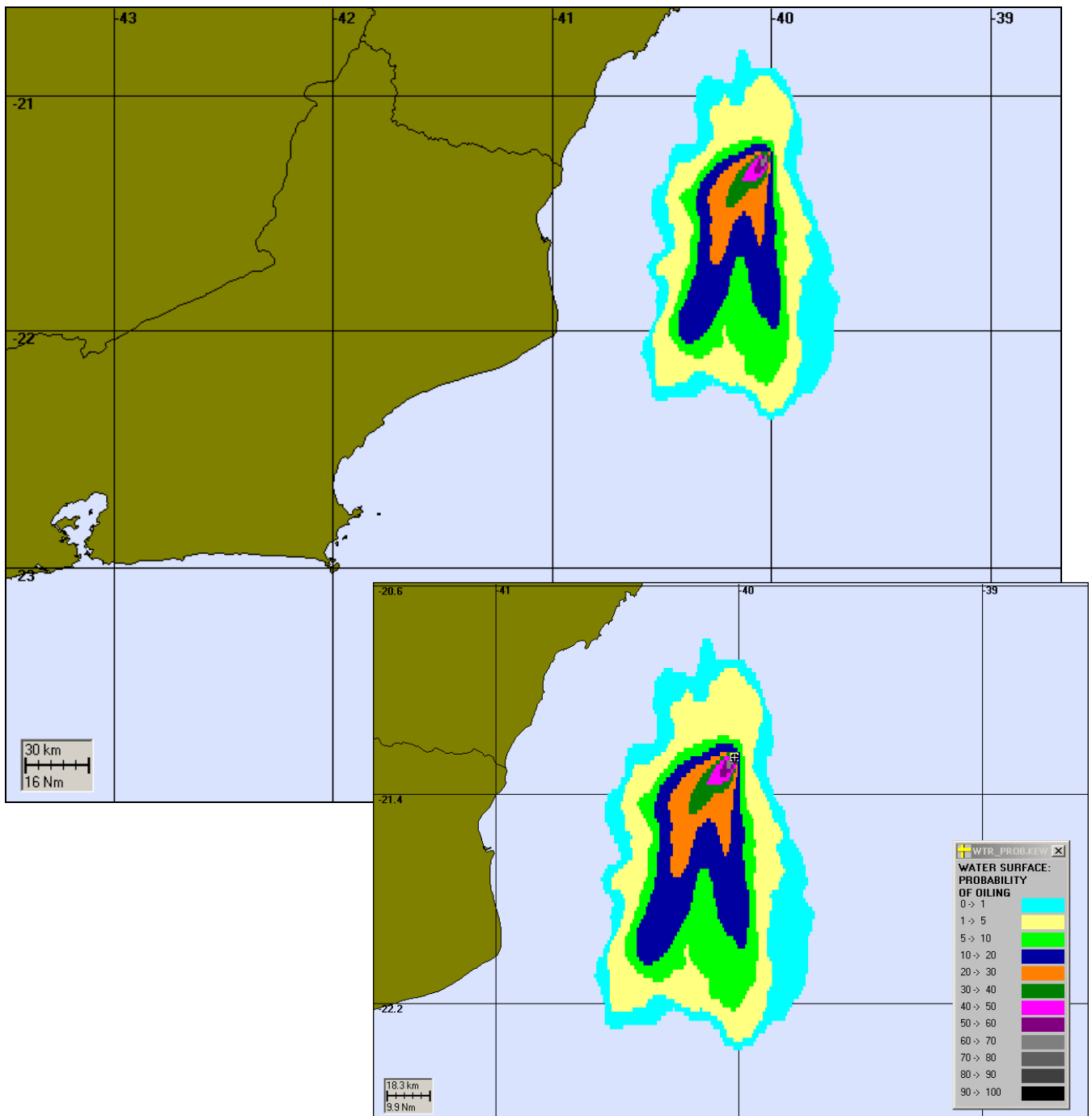


Figura 5.1.4.6-16: Cenário P-34_INV_PIORCASO_60H. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 66.614 m³ após 60 horas.

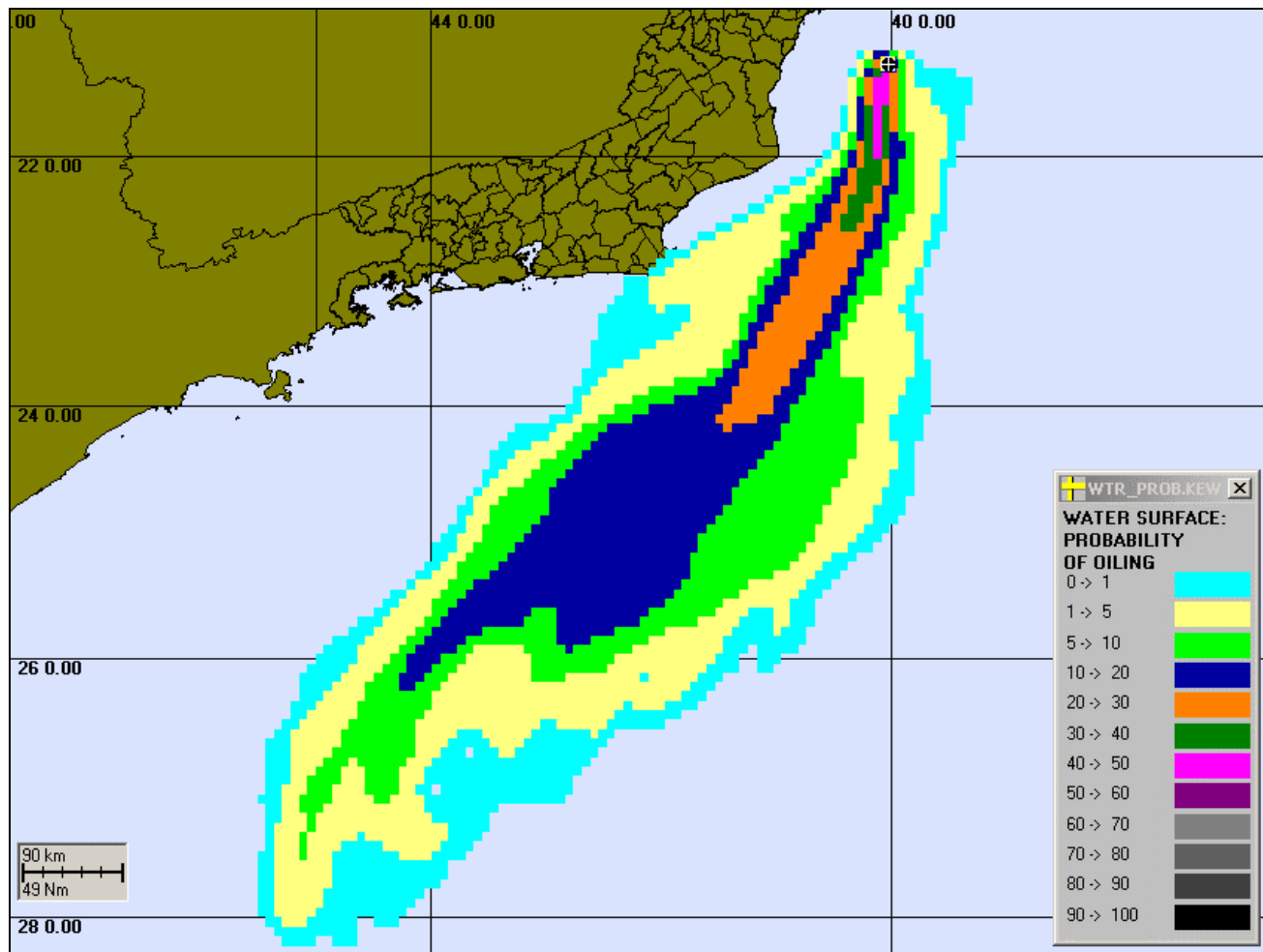


Figura 5.1.4.6-17: Cenário P-34_VER_PIORCASO_30DIAS. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de 66.614m³ após 30 dias.

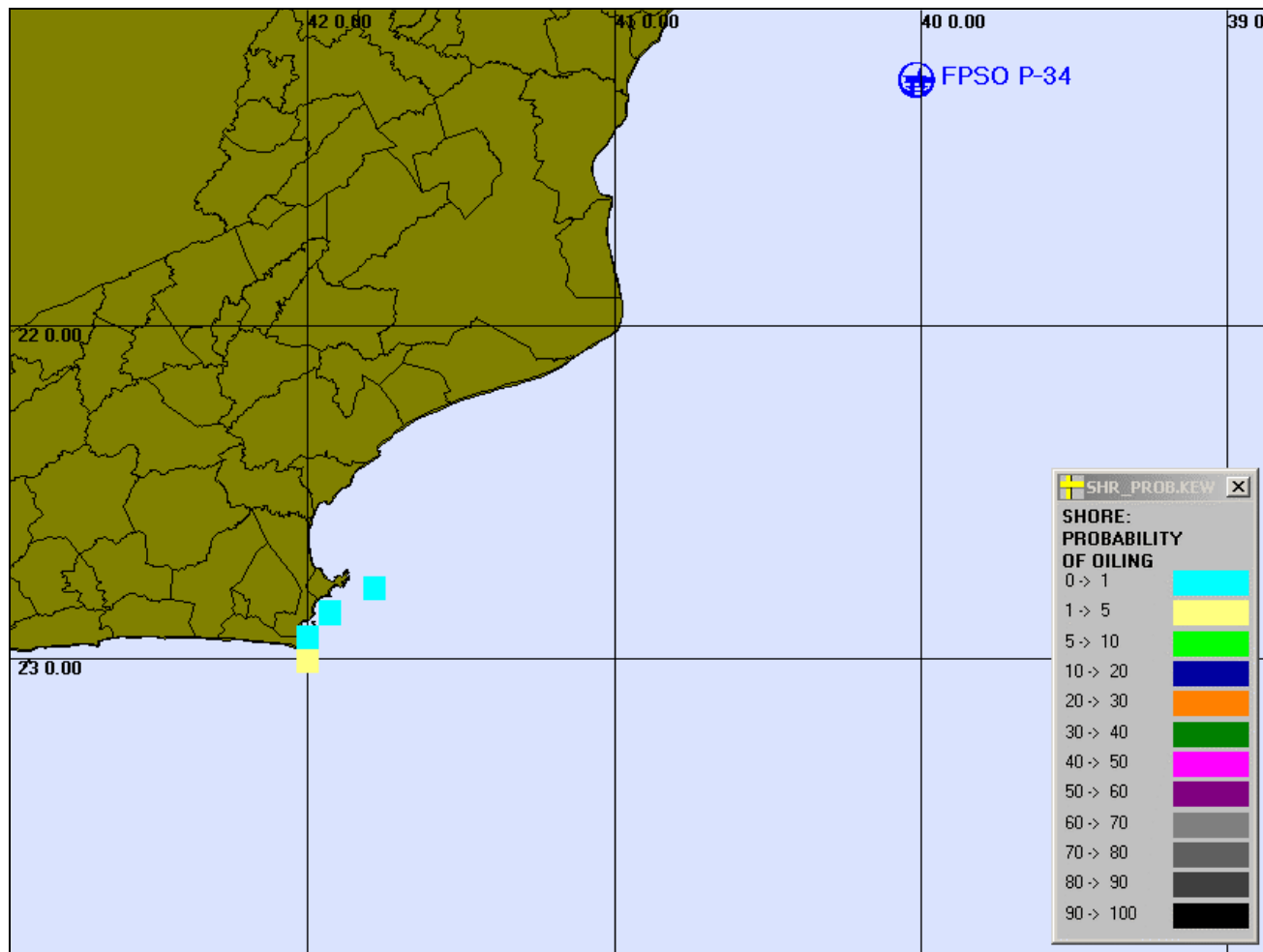


Figura 5.1.4.6-18: Cenário P-34_VER_PIORCASO_30DIAS_SHORE. Probabilidades de toque na costa para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de 66.614m³ após 30 dias.

Na Figura 5.1.4.6-18 podemos verificar que, para um cenário simulado com derrame de “pior caso” em condições de verão, há probabilidade de toque na costa somente na região compreendida entre Arraial do Cabo (RJ) e o Cabo de Búzios (RJ), sendo de no máximo 5%. Na figura 5.1.4.6-19 apresentamos, sobre recorte da carta náutica DNH nº 70, a região com probabilidade de toque na costa para este cenário.

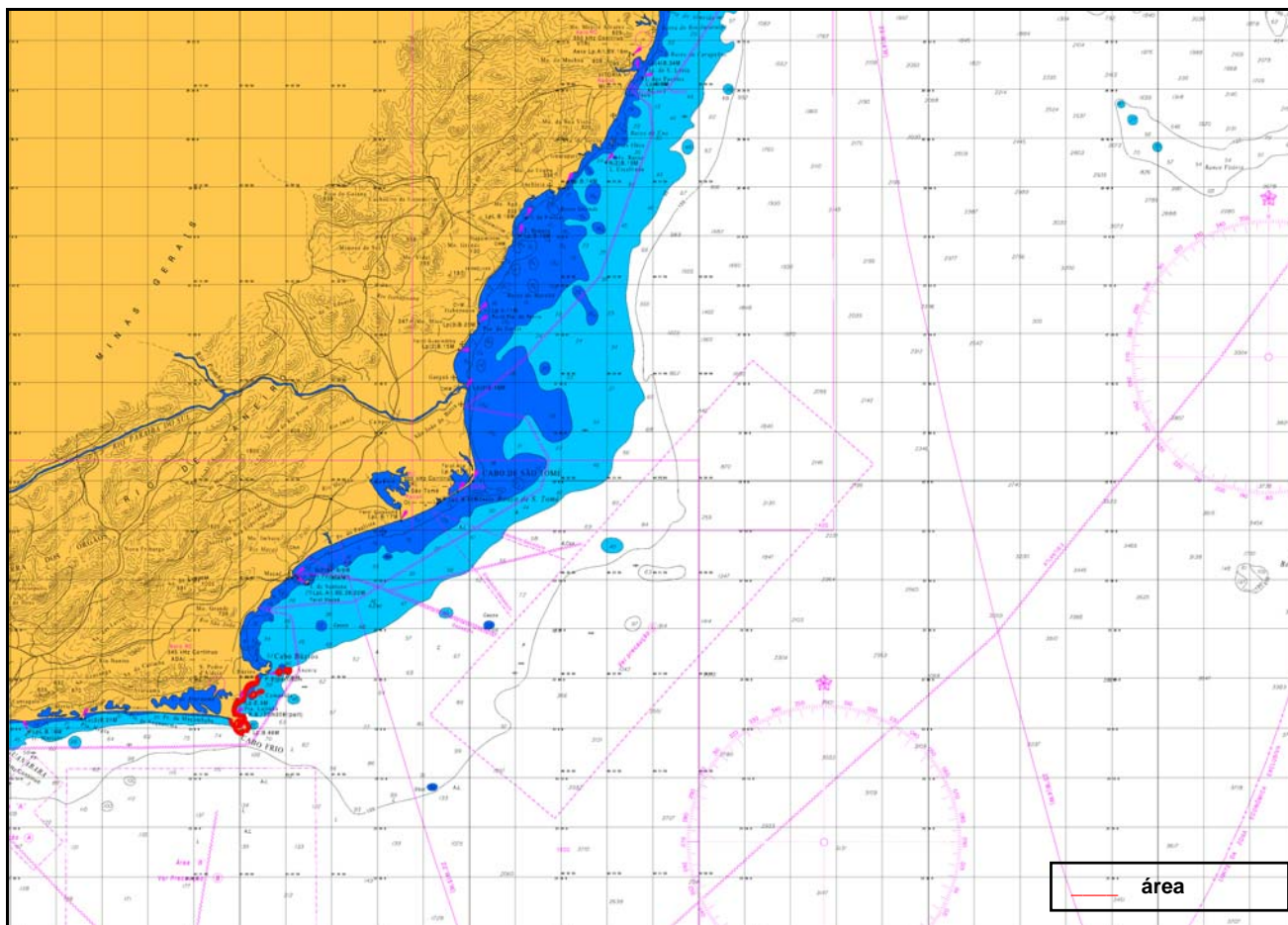


Figura 5.1.4.6-19: Cenário P-34_VER_PIORCASO_30DIAS. Área atingida para um acidente ocorrendo durante os meses de verão (janeiro a março).

Nas Figuras 5.1.4.6-20 e 5.1.4.6-21 são apresentados, respectivamente, o volume médio e o volume máximo que chega à costa, para o cenário de pior caso em condições de verão.

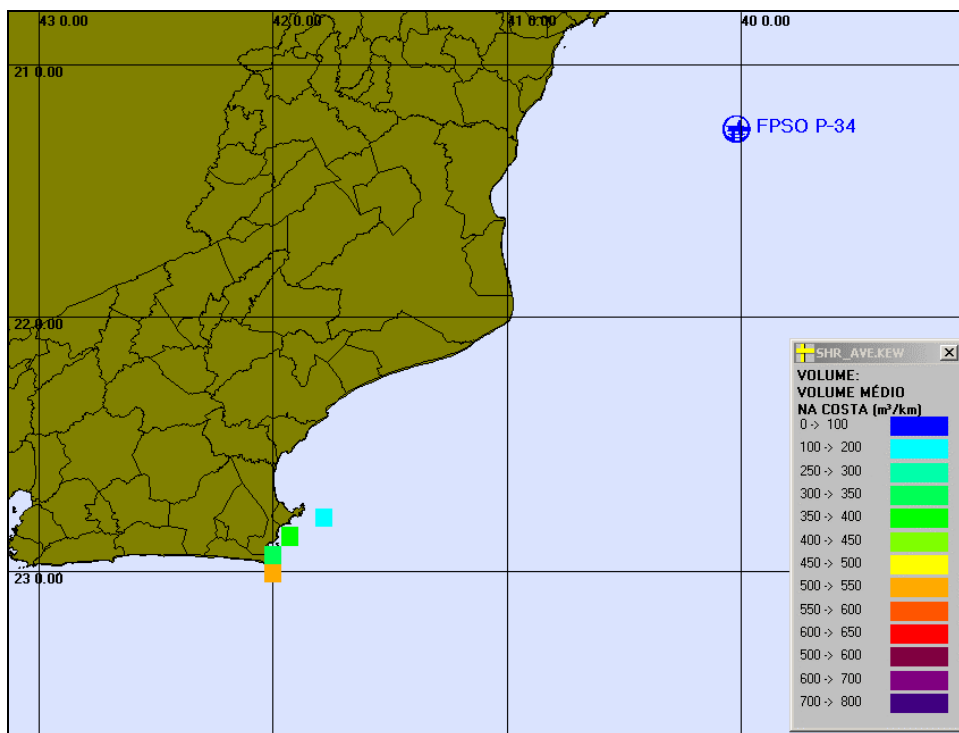


Figura 5.1.4.6-20: Cenário P-34_VER_PIORCASO_30DIAS_VOLMED. Volume médio (m^3/km) que chega na costa para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de $66.614m^3$ após 30 dias.

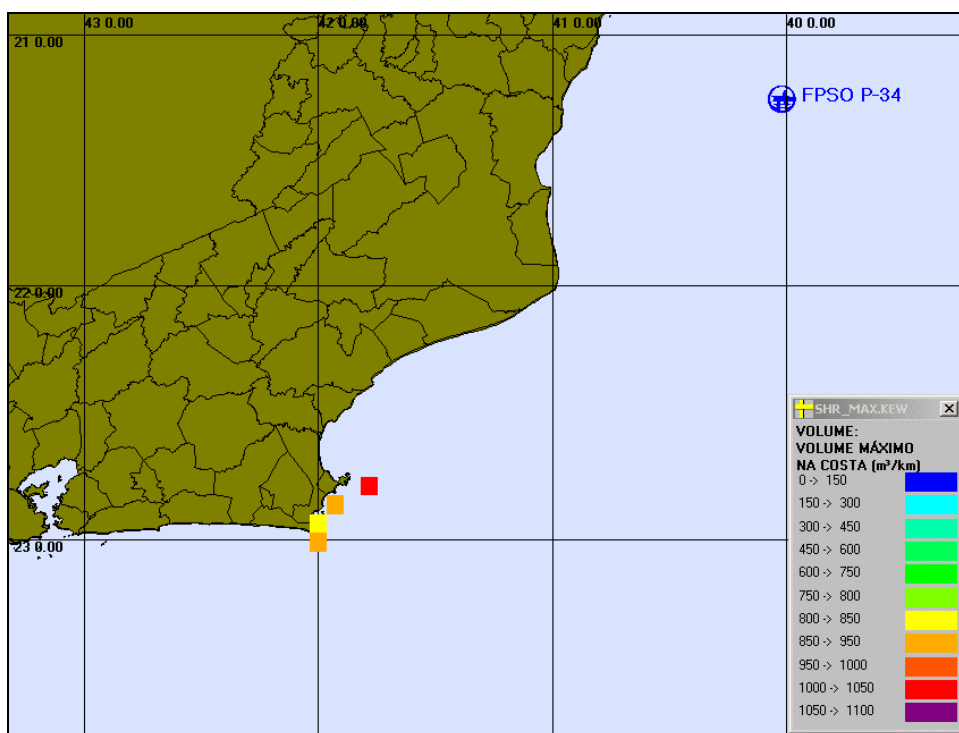


Figura 5.1.4.6-21: Cenário P-34_VER_PIORCASO_30DIAS_VOLMAX. Volume máximo (m^3/km) que chega na costa para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de verão (janeiro a março) com derrame de $66.614m^3$ após 30 dias

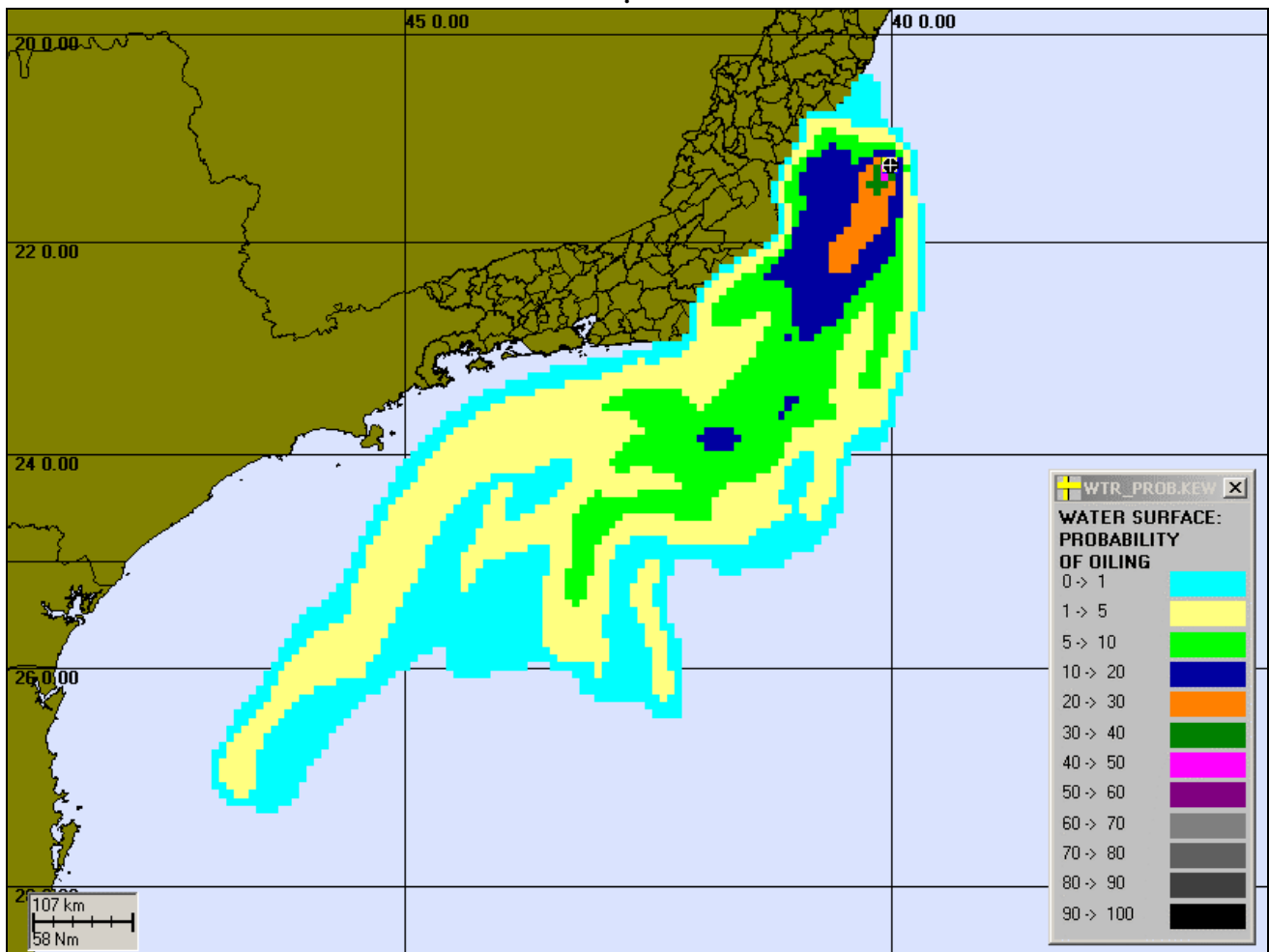


Figura 5.1.4.6-22: Cenário P-34 INV_PIORCASO_30DIAS. Contorno de probabilidades para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 66.614m³ após 30 dias.

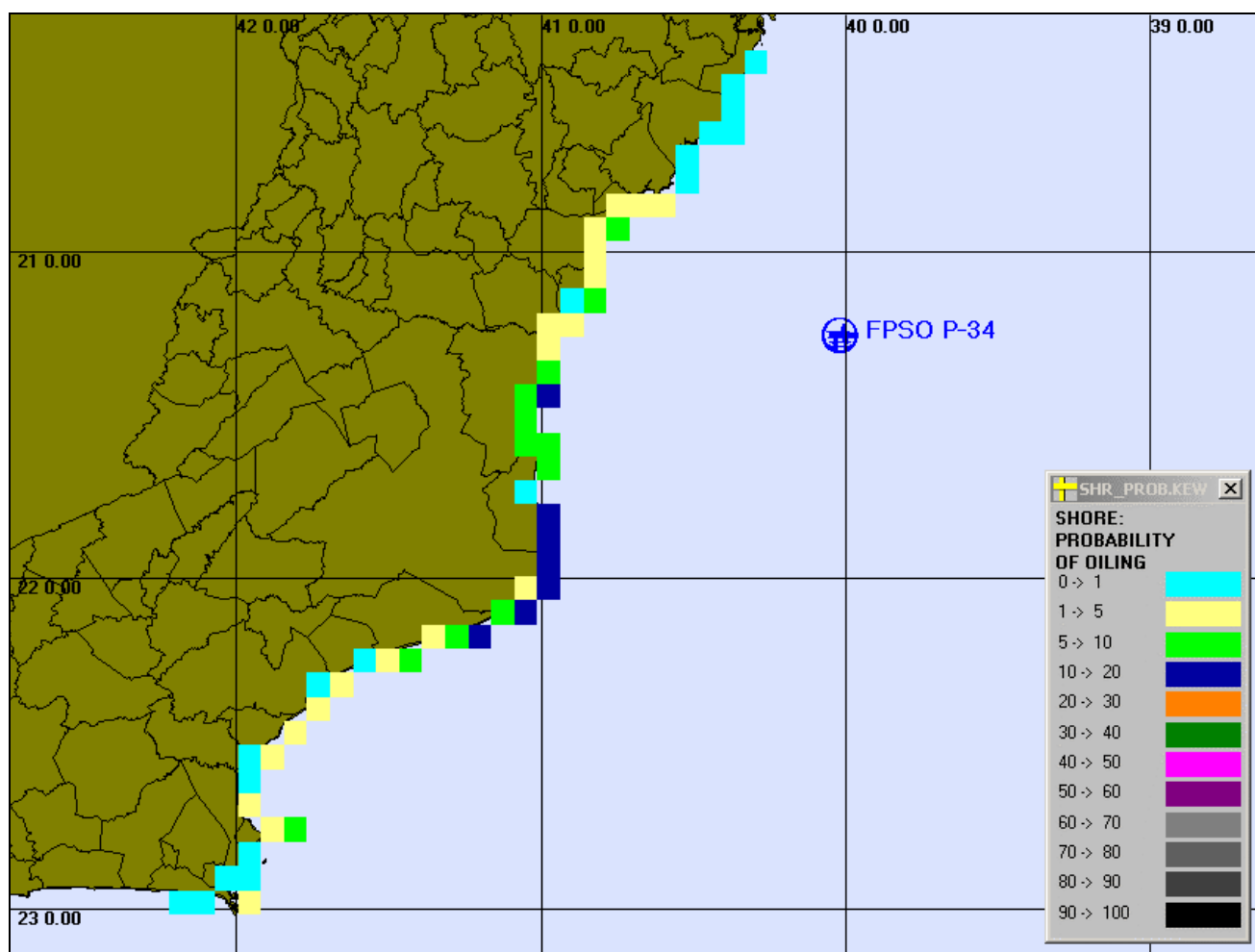


Figura 5.1.4.6-23: Cenário P-34_INV_PIORCASO_30DIAS_SHORE. Probabilidades de toque na costa para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 66.614m³ após 30 dias.

Conforme mostra a figura 5.1.4.6-23, para as simulações com derrame de “pior caso” no inverno, a maior probabilidade de toque na costa se concentra no Cabo de São Tomé (RJ), sendo de até 20%. Na região compreendida entre Arraial do Cabo (RJ) e o Cabo de Búzios (RJ) a probabilidade de toque é de no máximo 5%. A área total com probabilidade de toque se estende de Araruama (RJ) até as proximidades de Vitória (ES). A Figura 5.1.4.6-24 mostra toda a área potencialmente atingida para o cenário de derrame de pior caso, no inverno, para o FPSO P-34.

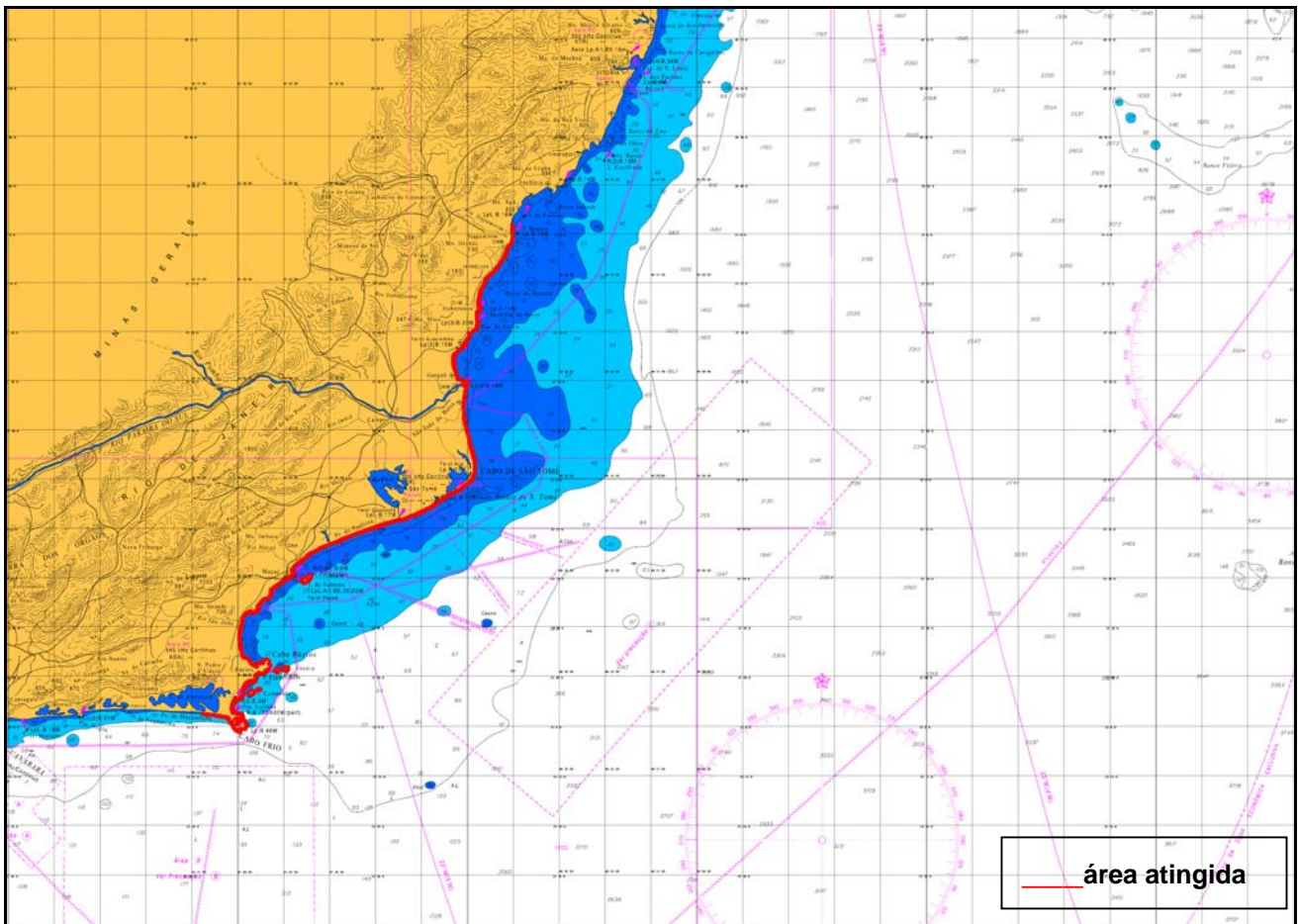


Figura 5.1.4.6-24: Cenário P-34_INV_PIORCASO_30DIAS. Área atingida para um acidente ocorrendo durante os meses de inverno (junho a agosto).

As Figuras 5.1.4.6-25 e 5.1.4.6-26 são apresentados, respectivamente, o volume médio e o volume máximo que chega à costa, para o cenário de pior caso em condições de verão.

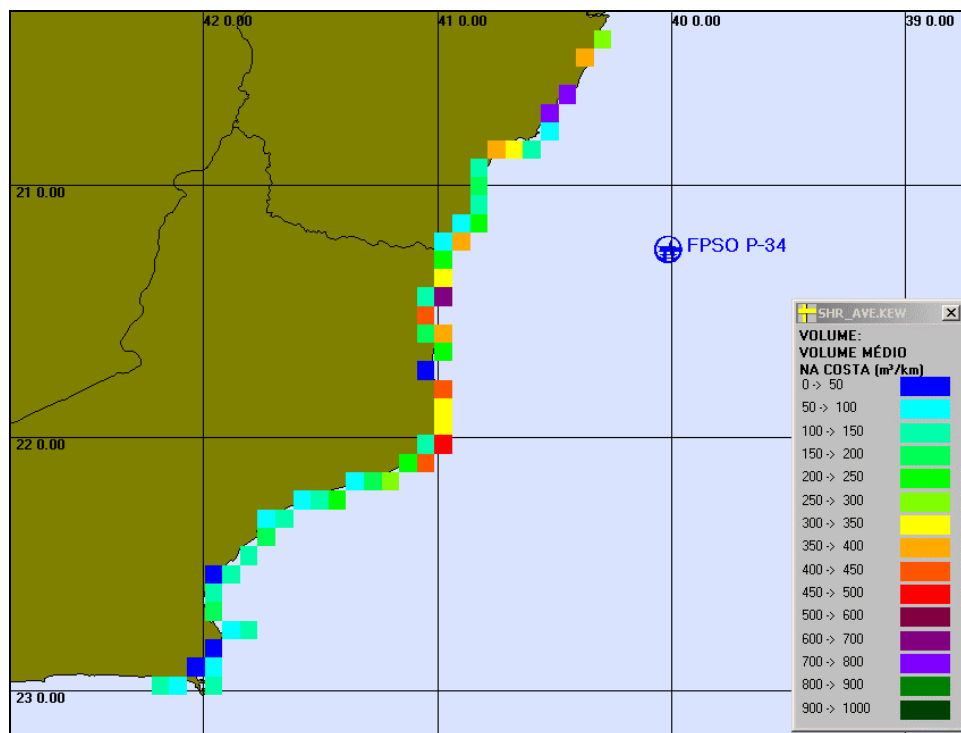


Figura 5.1.4.6-25: Cenário P-34_INV_PIORCASO_30DIAS_VOLMED. Volume médio (m³/km) que chega na costa para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 66.614m³ após 30 dias.

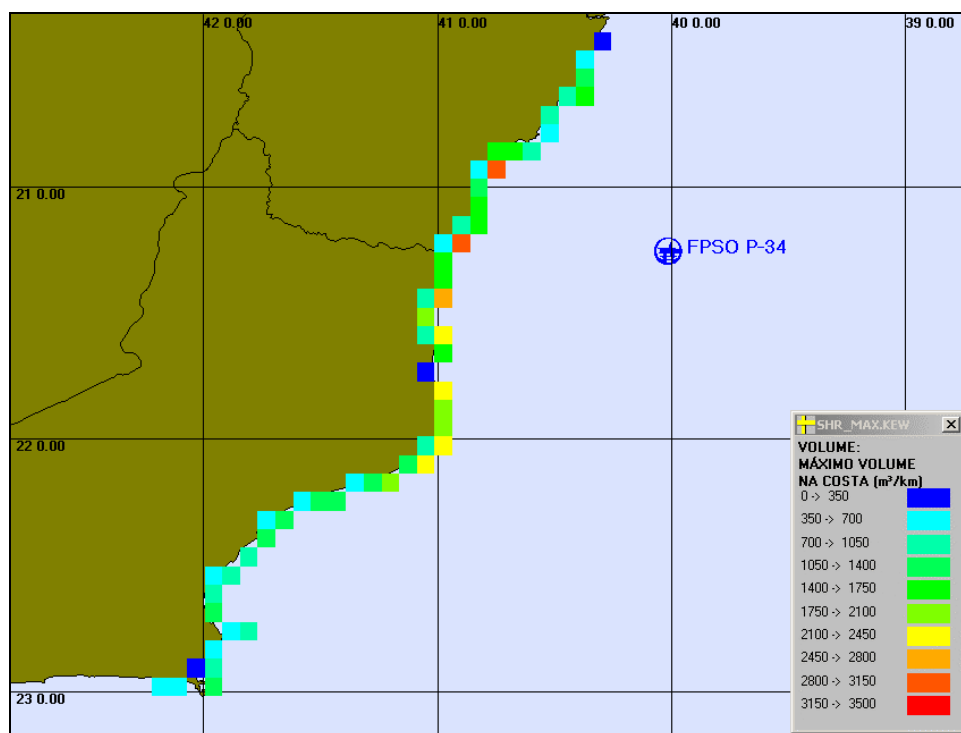


Figura 5.1.4.6-26: Cenário P-34 INV_PIORCASO_30DIAS_VOLMAX. Volume máximo (m³/km) que chega na costa para um acidente ocorrendo no FPSO P-34 durante os meses de inverno (junho a agosto) com derrame de 66.614m³ após 30 dias.

A Tabela 5.1.4.6-1 apresenta o percentual de simulações que impactaram a linha de costa, o menor período de tempo para atingir a costa e o tempo médio para o óleo atingir a costa nos cenários de pior caso, para um acidente ocorrendo durante os meses de inverno (junho a agosto) e de verão (janeiro a março).

Tabela 5.1.4.6-1: Resumo do resultado da modelagem probabilística de pior caso ocorrendo durante os meses de inverno (junho a agosto) e de verão (janeiro a março). (300 simulações).

Cenários	Tempo mínimo para atingir a costa (horas)	Tempo médio para atingir a costa (horas)	Percentagem de simulações com toque na costa (%)
P-34_INV_PIORCASO_30DIAS	104	258	66,7
P-34_VER_PIORCASO_30DIAS	241	252	4,3

◆ CENÁRIOS DETERMINÍSTICOS CRÍTICOS

A análise dos resultados das simulações probabilísticas permitiu identificar os cenários determinísticos críticos de verão e inverno. Para estas simulações foram considerados como mais críticos os cenários que chegaram à costa no menor tempo. Em ambos cenários foi considerado um vazamento de 66.614 m³.

A Tabela 5.1.4.6-2, a seguir, apresenta um resumo dos cenários críticos de verão e de inverno para um caso de vazamento de petróleo a partir do FPSO P-34.

Tabela 5.1.4.6-2: Resumo dos cenários determinísticos críticos de verão e inverno para o FPSO P-34.

CENÁRIO	DATA DE INÍCIO	VOLUME QUE CHEGA À COSTA (m ³)	TEMPO PARA CHEGAR À COSTA (h)
VERÃO	04/03/1992 – 02:00 h	5.709	241
INVERNO	09/07/1992 – 11:00 h	7.280	104

A Figura 5.1.4.6-27 apresenta o resultado da simulação determinística de 30 dias para o pior caso em condições de inverno. A figura mostra os pontos na costa atingidos pelo acidente (em vermelho), o contorno de espessura da mancha ao final de 30 dias e um gráfico na parte inferior direita com o balanço de massa (óleo na superfície, na costa, evaporado e na coluna d'água).

Nas figuras 5.1.4.6-27 a 5.1.4.6-30, a cor verde representa espessuras entre 0,0mm e 0,05mm, demarcando trajetória descrita pela mancha.

A Figura 5.1.4.6-31 mostra a posição da mancha no instante do primeiro toque na costa, após 104 horas. A área total da mancha neste instante é de aproximadamente 459 km² e, como mostra o gráfico de balanço de massa, aproximadamente 64.615 m³ (97%) de óleo encontram-se na superfície e 1.999 m³ (3%) evaporaram.

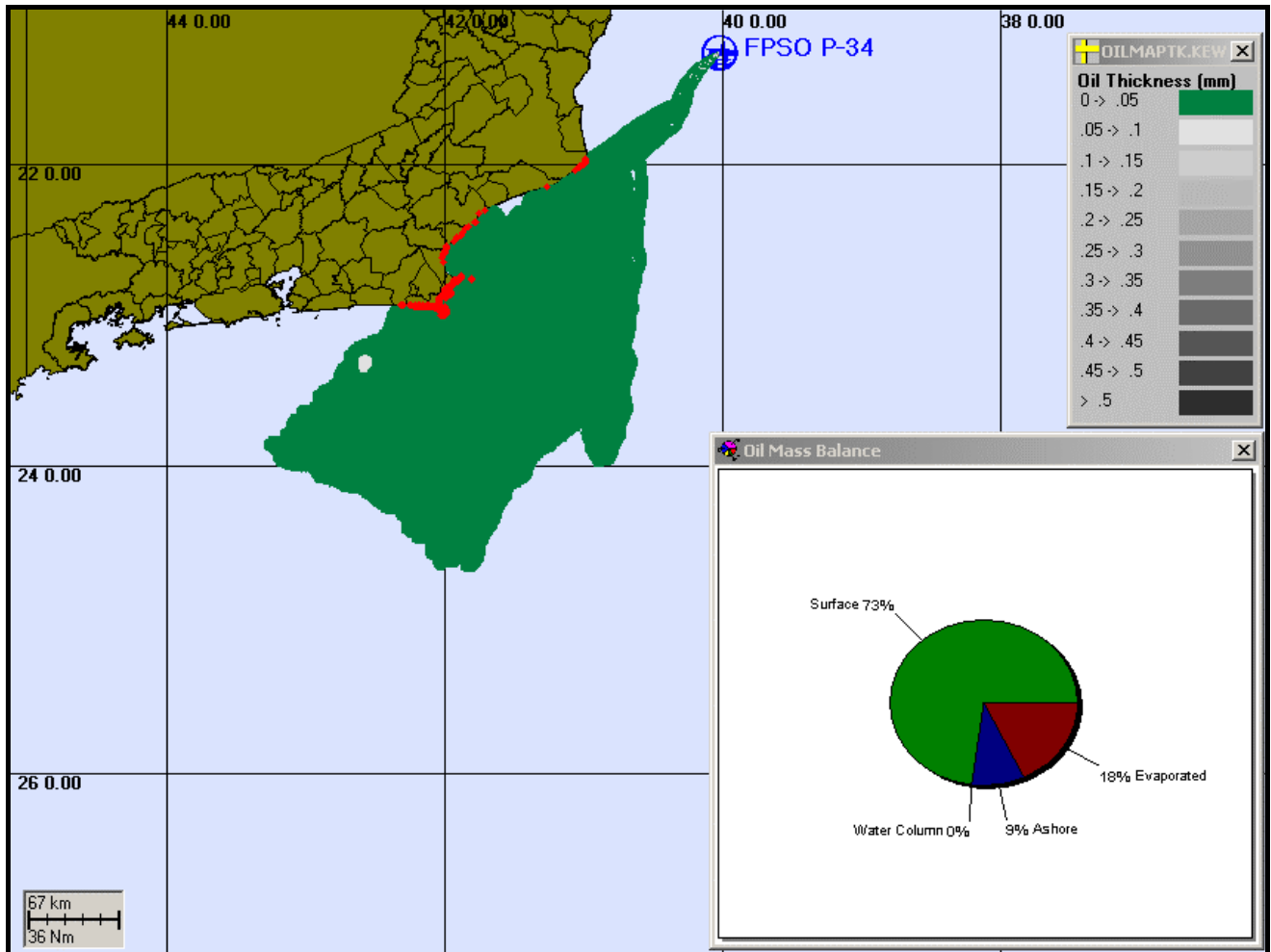


Figura 5.1.4.6-27: Cenário de pior caso de vazamento no inverno para o FPSO P-34.

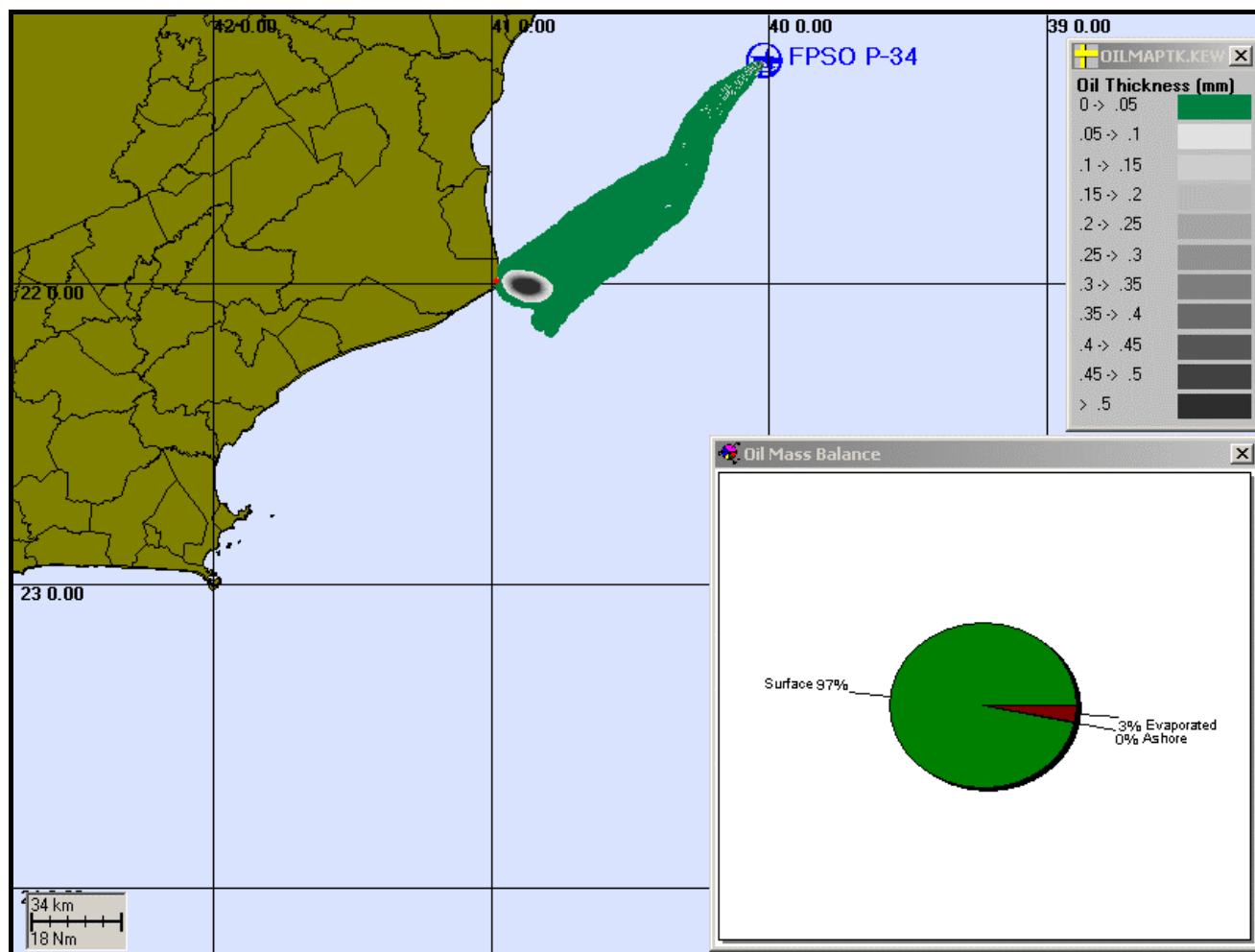


Figura 5.1.4.6-28: Instante do primeiro toque na costa para o cenário de pior caso de vazamento no inverno para o FPSO P-34.

De forma semelhante, a Figura 5.1.4.6-29 apresenta o resultado da simulação determinística para o pior caso de vazamento, para verão, no FPSO P-34. Este cenário foi simulado por 30 dias, com a trajetória descrita pela mancha demarcada pela cor verde. A figura também mostra os pontos na costa atingidos pelo acidente (em vermelho), o contorno de espessura da mancha ao final de 30 dias e um gráfico na parte inferior direita com o balanço de massa (óleo na superfície, na costa, evaporado e na coluna d'água).

A Figura 5.1.4.6-30 mostra a posição da mancha no instante do primeiro toque na costa, após 241 horas. A área total da mancha neste instante é de aproximadamente 1.373 km^2 e, como mostra o gráfico de balanço de massa, aproximadamente 59.953 m^3 (90%) de óleo encontram-se na superfície e 6.661 m^3 (10%) evaporaram.

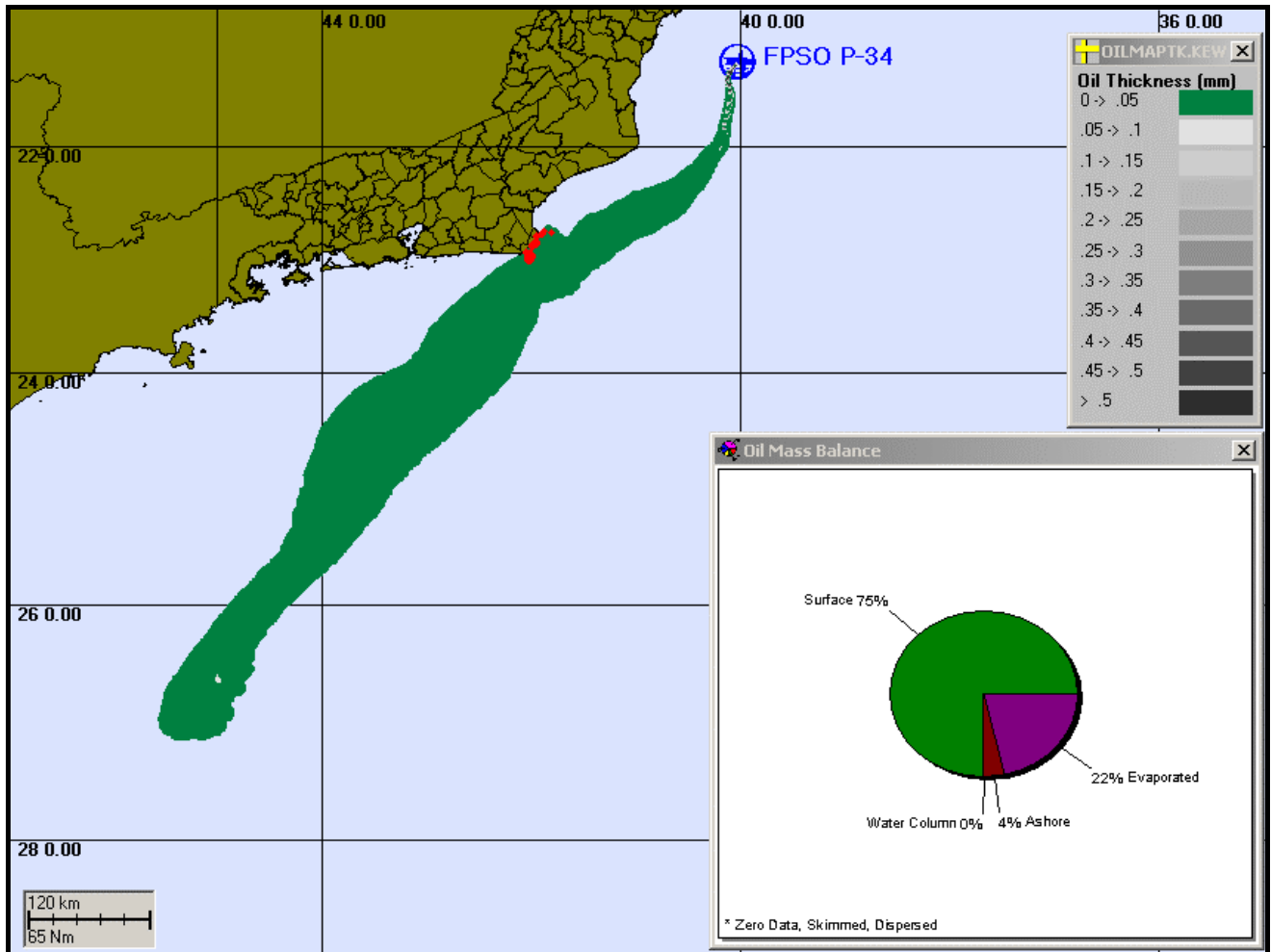


Figura 5.1.4.6-29: Cenário de pior caso de vazamento no verão para a Plataforma P-34.

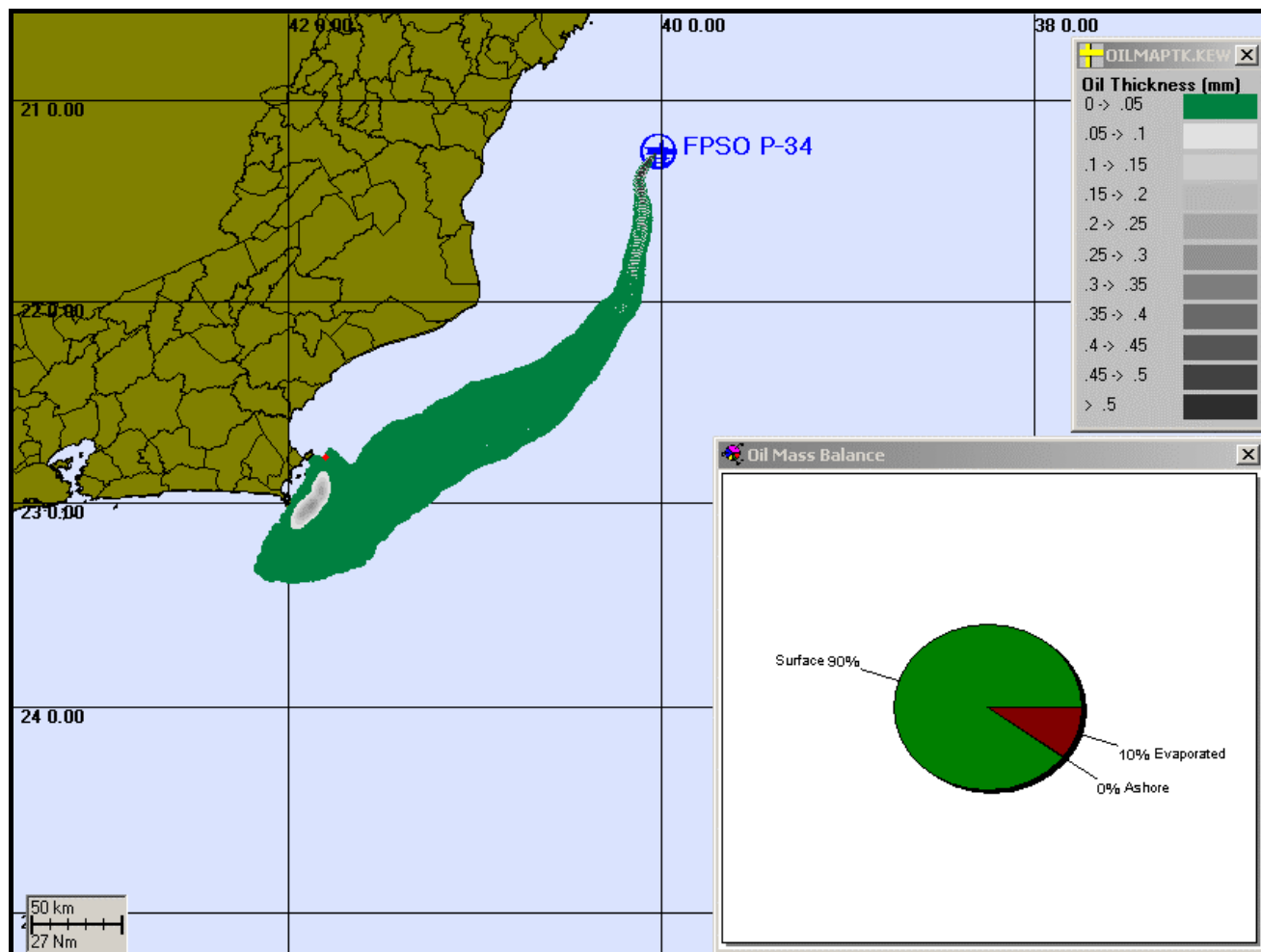


Figura 5.1.4.6-30: Instante do primeiro toque na costa para o cenário de pior caso de vazamento no verão para a Plataforma P-34.

5.1.5 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A superfície da Terra é constituída por Placas Tectônicas rígidas, formadas pelo resfriamento de material fundido originado de poeira cósmica (Abril Coleções, 1996). Estas placas possuem movimentação relativa e ao longo do tempo geológico, apresentando fases de fechamento oceânico e colisão continental, formando supercontinentes (Rodínia (Figura 5.1.5-1), Pangea (Figura 5.1.5-2) e Gondwana (Figura 5.1.5-3), e fases de ruptura dos supercontinentes e abertura de novos oceanos. Estes ciclos de abertura e fechamento são conhecidos como Ciclos de Wilson (Figura 5.1.5-4).



Figura 5.1.5-1: Esquema mostrando a reconstrução do supercontinente de Rodínia (alterado de Condie, 1997).

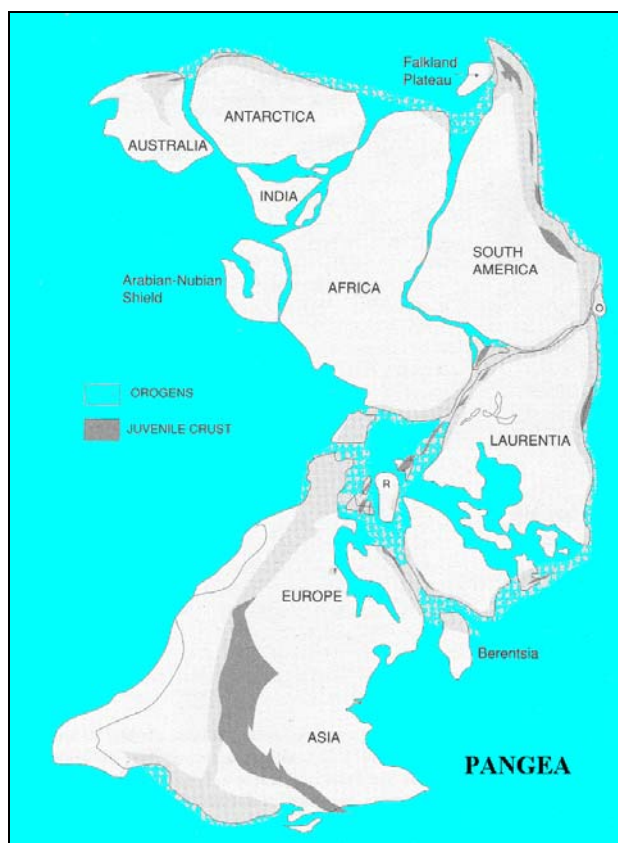


Figura 5.1.5-2: Esquema mostrando a reconstrução do supercontinente de Pangea (alterado de Condie, 1997).

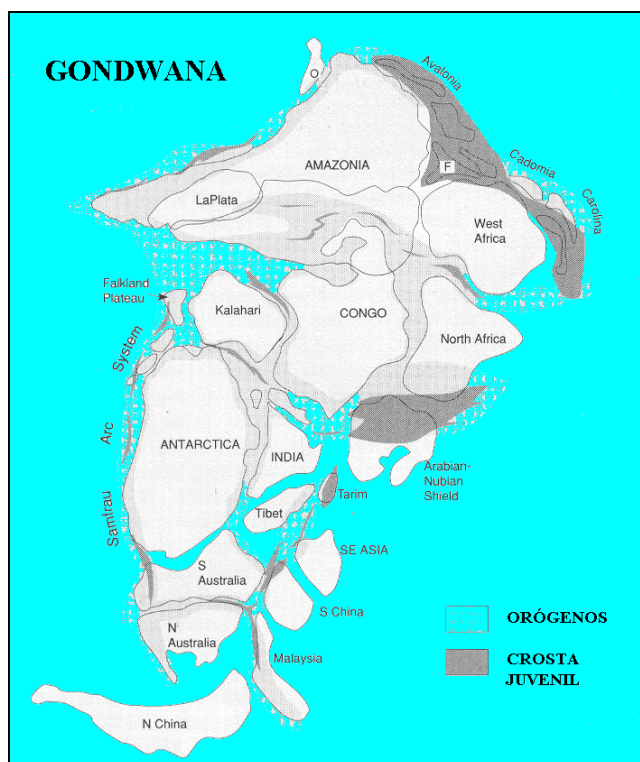


Figura 5.1.5-3: Esquema mostrando a reconstrução do supercontinente de Gondwana (alterado de Condie, 1997).

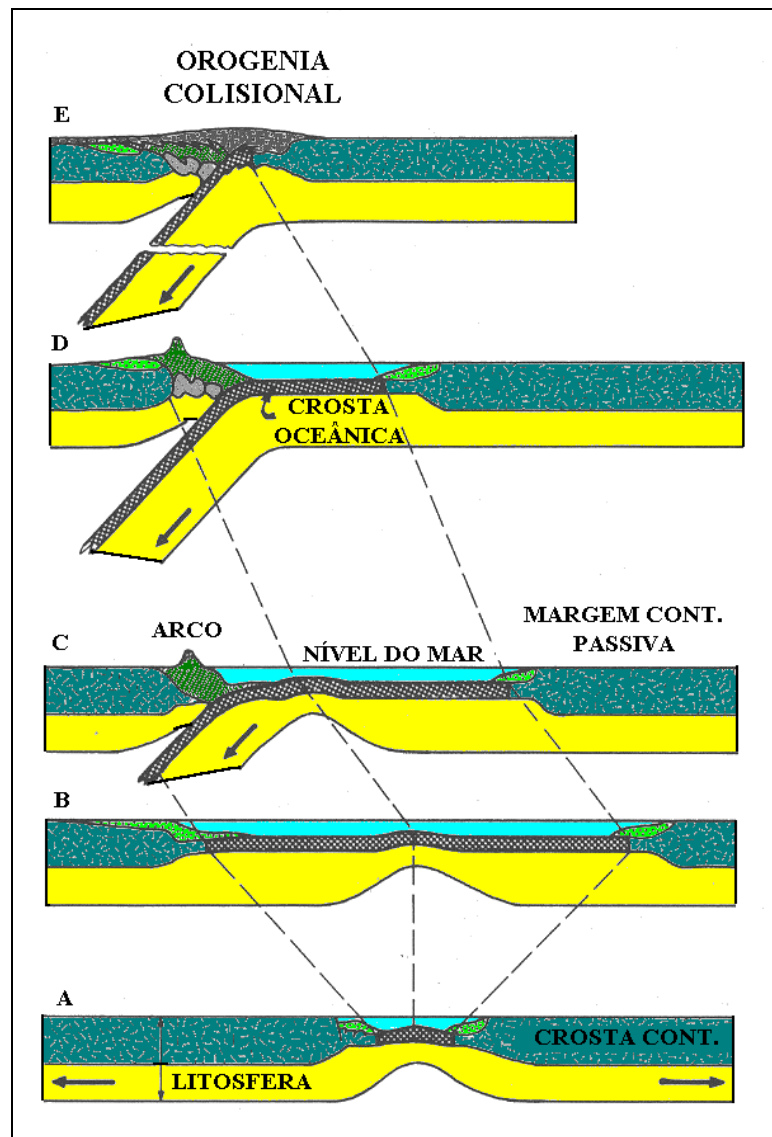


Figura 5.1.5-4: Esquema da seqüência de eventos num Ciclo de Wilson, onde temos a abertura e fechamento de um oceano (alterado de Condie, 1997).

A separação dos continentes Africano e Americano do Sul, com a conseqüente formação do Oceano Atlântico, deu origem às bacias sedimentares da Margem continental Brasileira (Figura 5.1.5-5).



Figura 5.1.5-5: Mapa mostrando as Bacias Sedimentares Brasileiras (alterada de Fainstein, 2002).

A Abertura do Atlântico Sul começa há, aproximadamente, 140 Ma (Viro, 1985.). Inicialmente (Figura 5.1.5-6/3a), entre o fim do Jurássico e o início do Neocomiano, a América do Sul rotacional no sentido horário, afastando-se da África. Este movimento ocasionou extensos derrames basálticos na Bacia do Paraná e na futura Margem Continental Brasileira. Concomitantemente a isto, na porção NE/N, ocorreu um afastamento de menor ordem de grandeza, o que gerou a intrusão de diques basálticos com alinhamento E-W próximo ao Rio Grande do Norte, moderada reativação vulcânica no Atual Estado do Maranhão e reduzida atividade ígnea na área do Baixo Amazonas.

Durante o Neocomiano (± 130 MA) ocorreu um fraturamento distensional (Figura 5.1.5-6/3b) associado à formação de um Rift. Há a diminuição da atividade magmática e aumento na taxa de sedimentação. Na área do NE brasileiro os esforços de tensão desenvolveram pequenas bacias controladas por falhas transcorrentes.

Há aproximadamente 120 MA (Albo-Aptiano) estabeleceu-se, entre a América do Sul e a África, uma bacia de rápida subsidência. A água salina adentrou a bacia por sua extremidade sul, originando um mar hipersalino (Figura 5.1.5-6/3c). O processo segue até o estabelecimento da comunicação entre o Atlântico Norte e o Atlântico Sul, durante o Terciário (Eo-Albiano), gerando um ambiente marinho franco (Figura 5.1.5-6/3d).

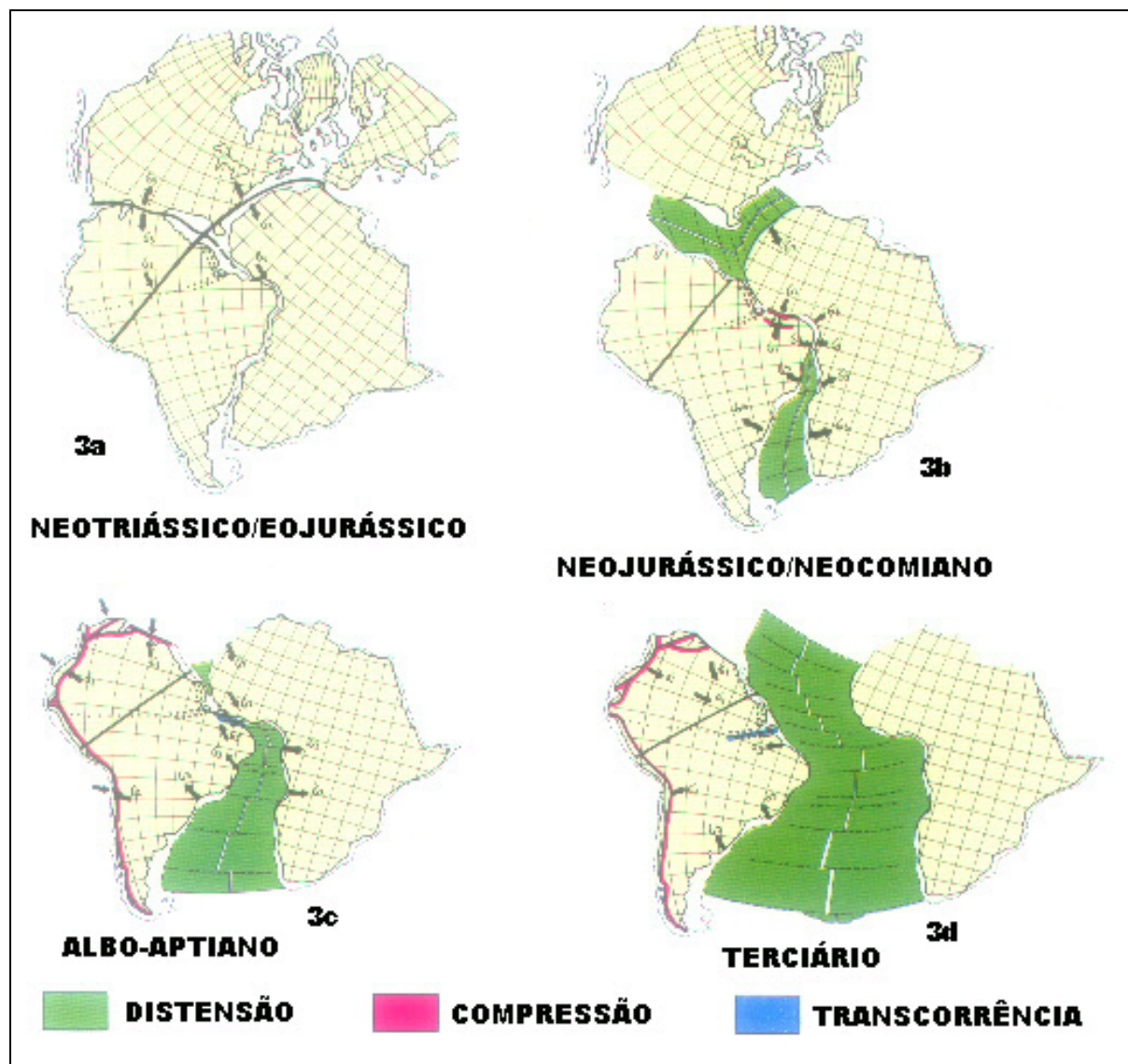


Figura 5.1.5-6: Evolução do processo de abertura do Atlântico Sul (alterado de Viro et al, 1985).

O processo de abertura Atlântico Sul afetou também os continentes bordejantes e, embora o intemperismo tenha atuado drasticamente ao longo do tempo geológico, as marcas deixadas são bem visíveis (Figuras 5.1.5-7 e 5.1.5-8). As serras do Mar, junto ao litoral, com elevações entre 800 e 1000m (2400m próximo ao Rio de Janeiro) e da Mantiqueira, numa posição mais interiorana, são os testemunhos de uma borda de um “RIFT” Mesozóico (Sperle, 1997).

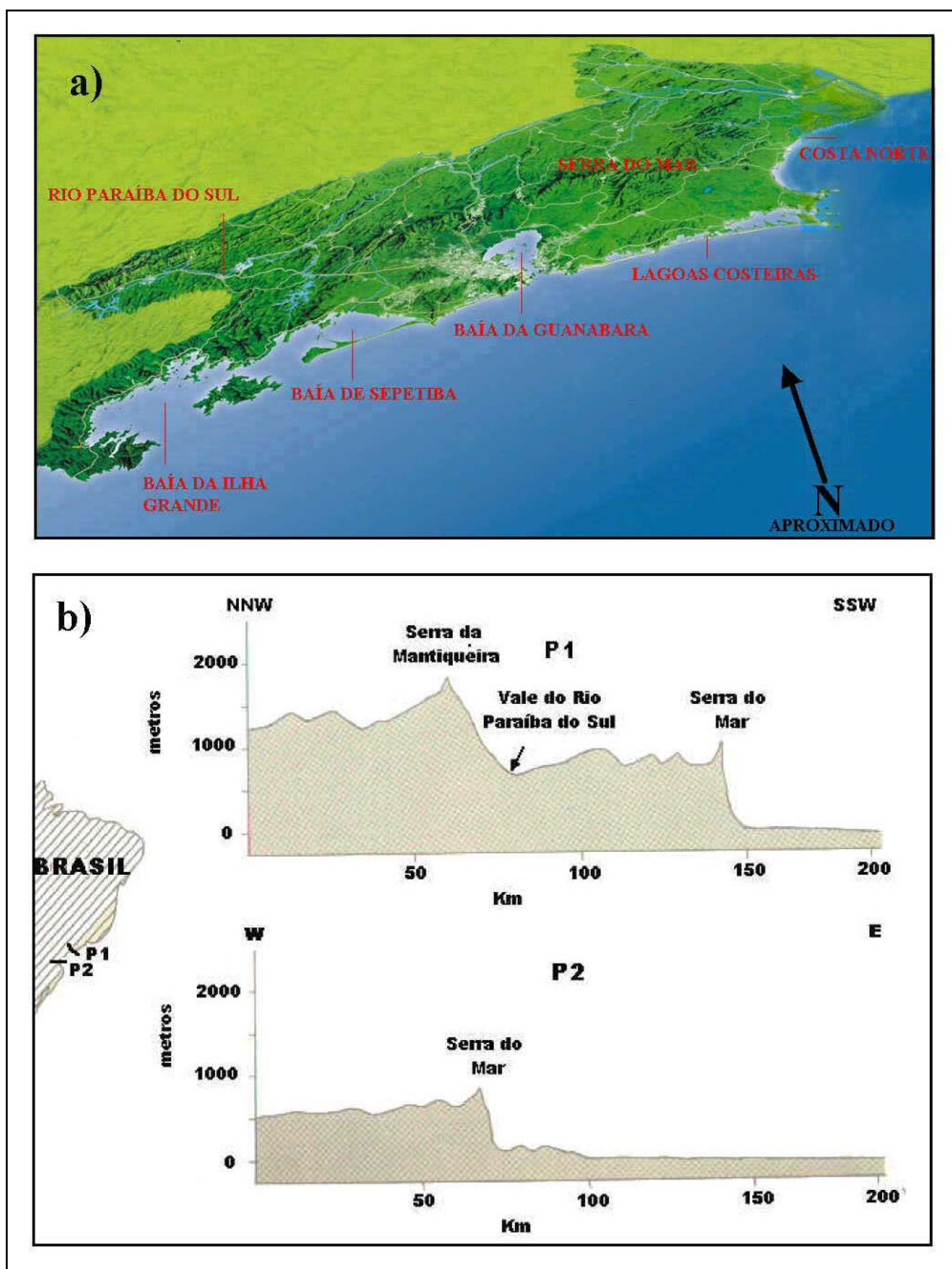


Figura 5.1.5-7: a) Mapa esquemático do Estado do Rio de Janeiro, destacando-se a Serra do Mar (alterado de CIDE, 1995); b) Perfis topográficos perpendiculares à costa, mostrando a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira (alterado de Asmus e Ferrari, 1978).

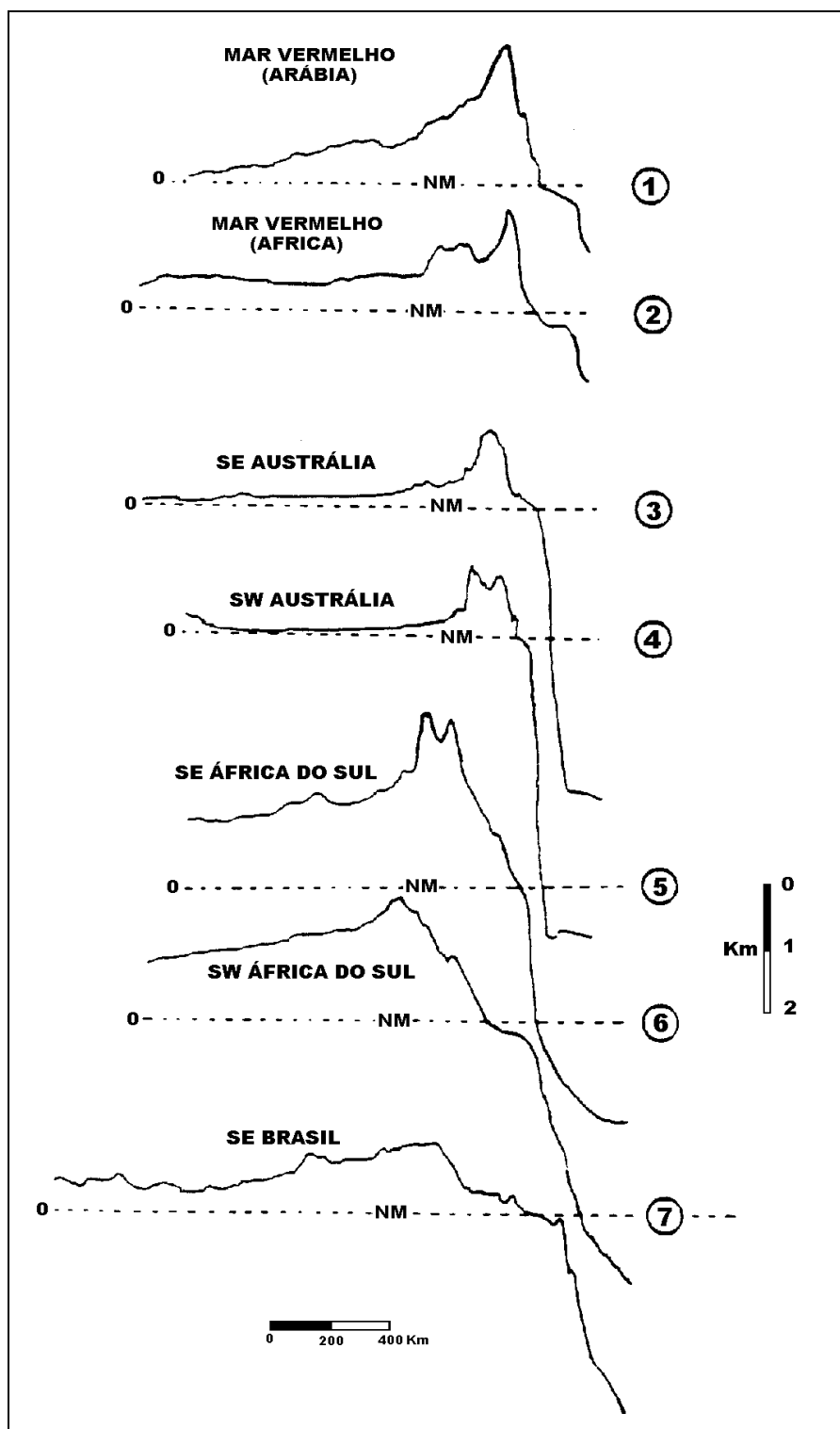


Figura 5.1.5-8: Seções topográficas transversais de algumas Margens Continentais, de diferentes idades (60-65 MA Mar Vermelho; 130-140 MA Austrália e 120-130 MA Brasil e África), onde podemos notar as elevações relacionadas a bordas dos “Rifts” (alterado de Sperle, 1997).

Na Margem continental Sudeste do Brasil, entre 21°S e 23° 30'S de latitude, altura dos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, temos a Bacia de Campos. Esta bacia é delimitada ao norte pelo Alto de Vitória, ao sul pelo Alto de Cabo Frio (Figura 5.1.5-9), a oeste pelo embasamento Pré-Cambriano (Winter, 1992). A área total da bacia é de aproximadamente 94.200Km², sendo 93700 Km² (GEOMAR/PETROBRÁS, 2000a) de área submarina e 500 Km² de área emersa (Dias 1989, apud Winter, 1992).

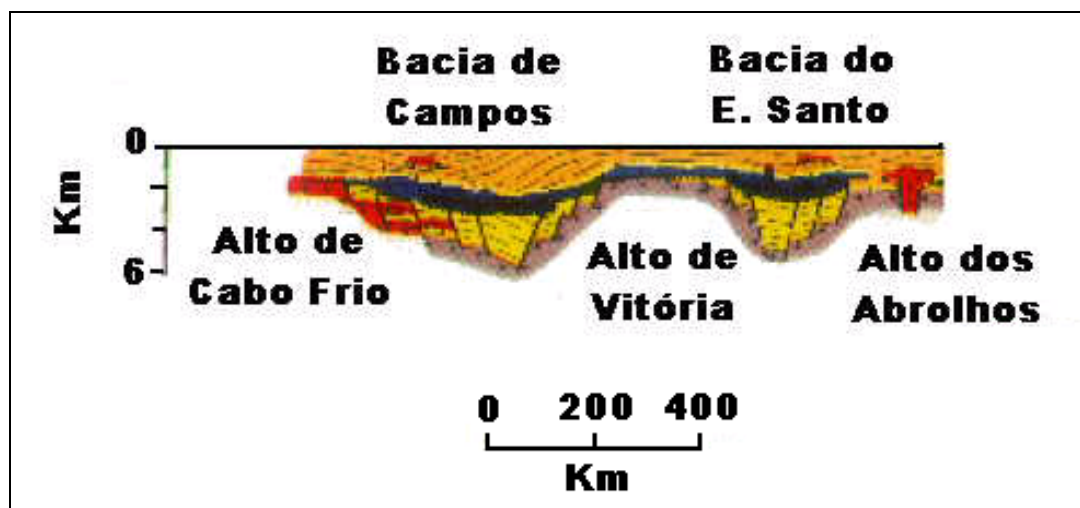


Figura 5.1.5-9: Seção geológica N-S, ao longo da Margem Continental Sudeste do Brasil. Podemos observar a presença dos altos de Cabo Frio, Vitória e dos Abrolhos, bem como as Bacias Sedimentares de Campos e Espírito Santo, e as falhas normais associadas ao processo distensional do “Rift” (alterado de Asmus e Guazelli, 1981).

5.1.5.1 Arcabouço Estrutural

Ao longo de toda a Margem Continental Brasileira, segundo Asmus e Guazelli (1981), podemos encontrar estruturas relacionadas ao processo de abertura do Atlântico Sul, destacando-se as falhas normais, as charneiras ou flexuras e as estruturas transversais (Zonas de Fratura e Lineamentos).

A situação estrutural da região na qual concentra-se o presente estudo é típica de uma Margem Continental Passiva. Há o predomínio de lineamentos NE-SW na parte continental, com ocorrências de estruturas E-W, relacionadas à Cadeia Vitória Trindade, nas proximidades de Vitória-ES (Figura 5.1.5.1-1). Liu (1988), utilizando-se de mosaico de imagens MSS LANDSAT, também detecta esta preferencial direção dos lineamentos continentais.

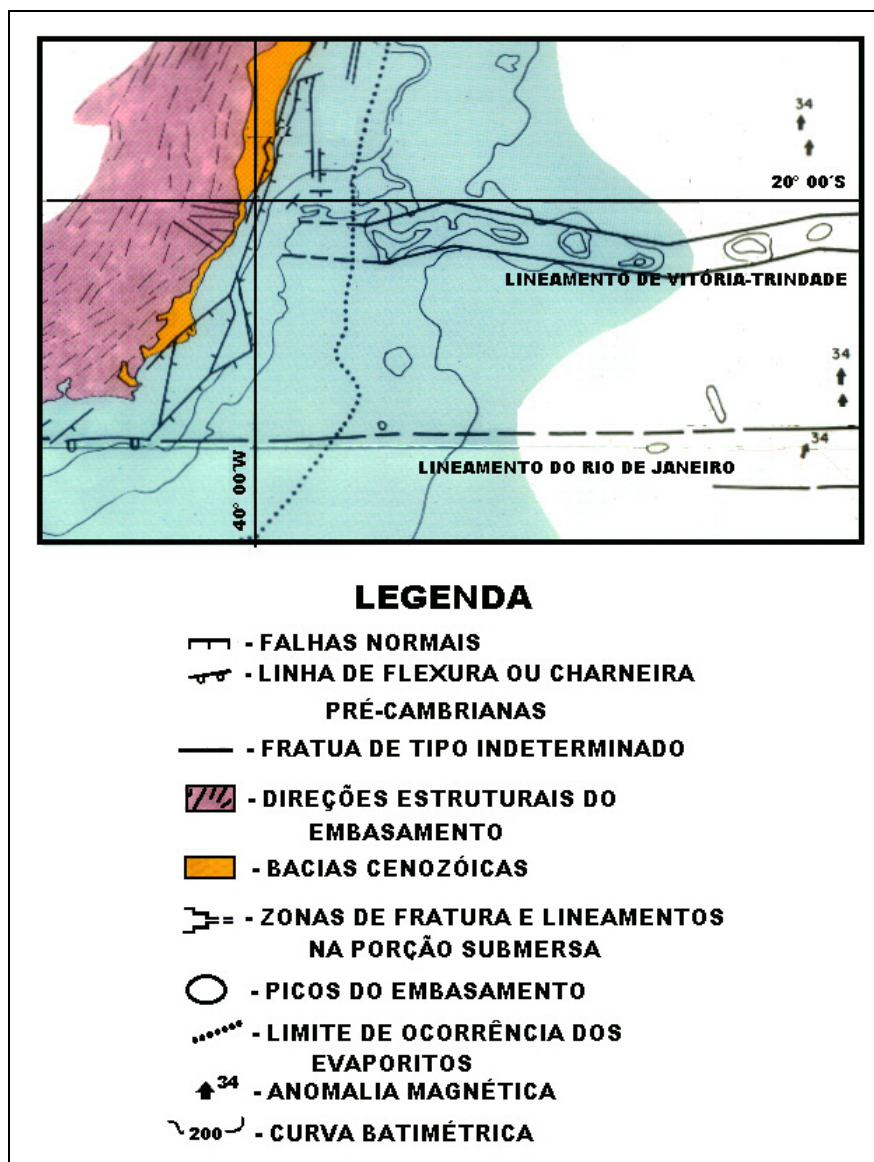


Figura 5.1.5.1-1: Margem Continental Brasileira, trecho que compreende a Bacia de Campos, mostrando as principais falhas e lineamentos observados (alterado de Asmus e Guazelli, 1981).

A Bacia de Campos, em sua área marinha, apresenta a predominância de falhas normais, o que pode ser constatado no Mapa de Arcabouço Estrutural da bacia (Figura 5.1.5.1-2 e Figura 5.1.5-3), fornecido pela ATEX/ABIG PETROBRÁS (2002 A). Nota-se neste mapa a direção NE-SW como sendo a preferencial da estruturação, ocorrendo poucos falhamentos com direção NW-SE e N-S. Segundo Dias (1991), o rejeito dos falhamentos normais pode chegar a 4000m, como ocorre na falha de borda da bacia. Há ocorrência tanto de falhas sintéticas quanto antitéticas, demonstrando uma estruturação em forma de meio gráben, a mais comum na Margem Continental Brasileira (Dias, op. Cit.).

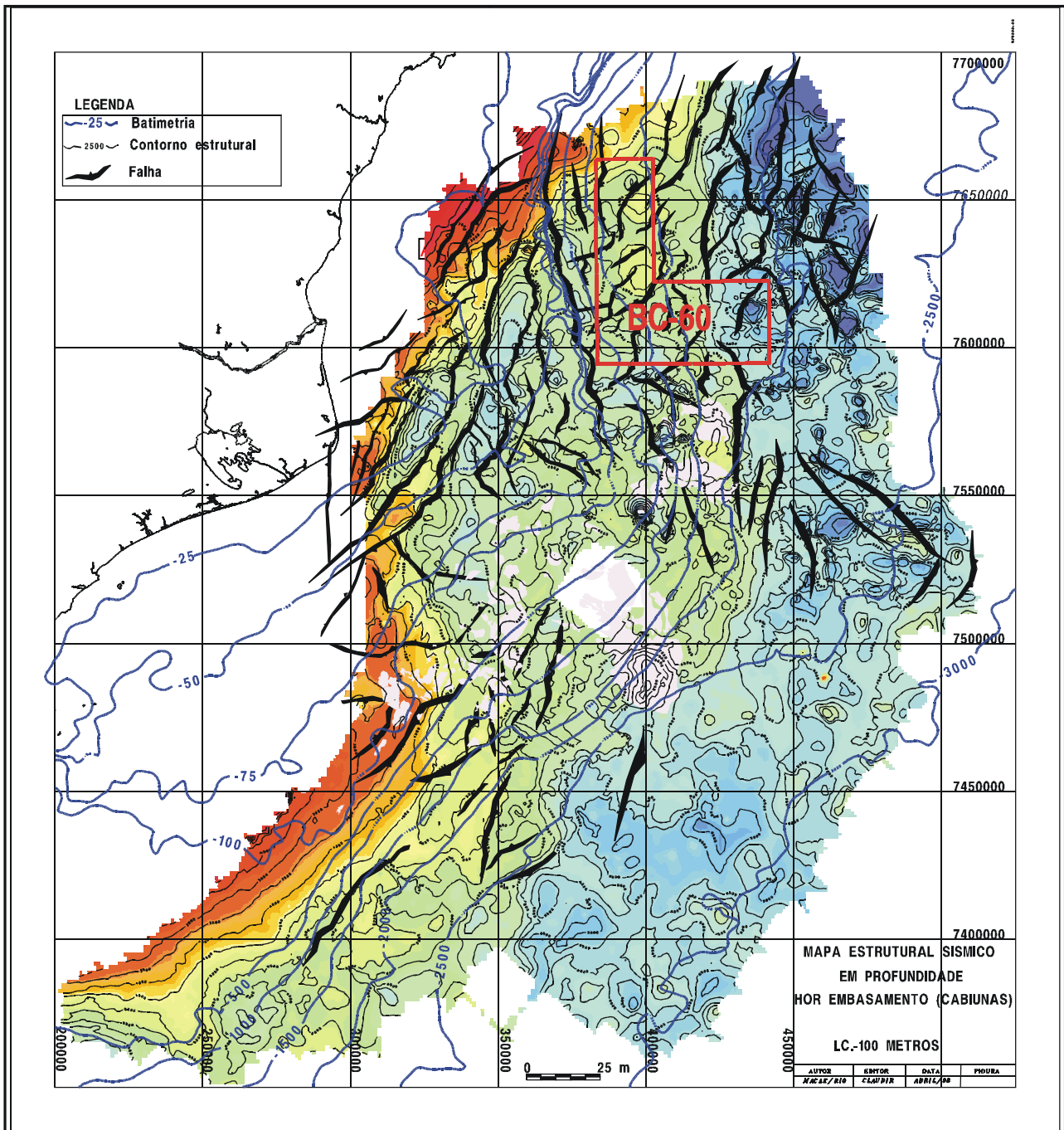


Figura 5.1.5.1-2: Mapa de Arcabouço Estrutural da Bacia de Campos, com indicação de: principais falhas observadas na bacia (espessas linhas negras); profundidade do embasamento (tabela de cores) e batimetria (delgadas isolinhas negras). Mapa fornecido pela ATEX/ABIG/PETROBÁS (2002 A).

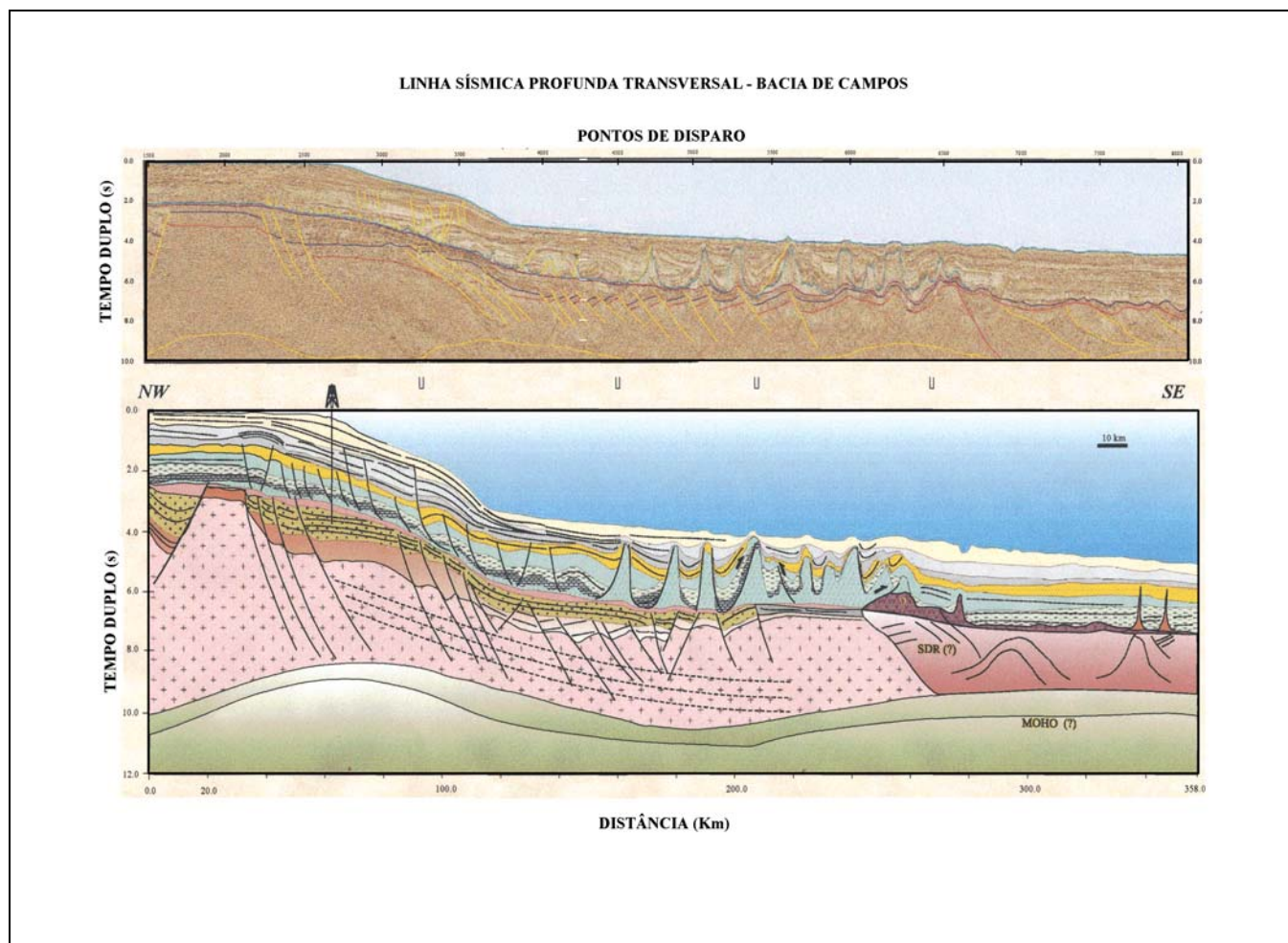


Figura 5.1.5.1-3: Seção Geológica Esquemática E-W da Bacia de Campos.

No mesmo mapa citado acima, pode-se observar a profundidade do embasamento, que varia entre 1.6Km nas áreas próximas ao continente, a mais de 11Km em lâmina d'água superior a 2000m.

A bacia apresenta duas formas de estruturação (Figura 5.1.5.1-4), sendo a primeira relacionada à tectônica “Rift”, que afeta, preferencialmente, o embasamento, as rochas pré-Alagoas e os depósitos sinriftes, e a segunda relacionada à tectônica pós-rift, sendo esta causada pela movimentação dos evaporitos, diapirismo e fluxos gravitacionais gravitacionais (UN-ES/PETROBRÁS, 2002 B).

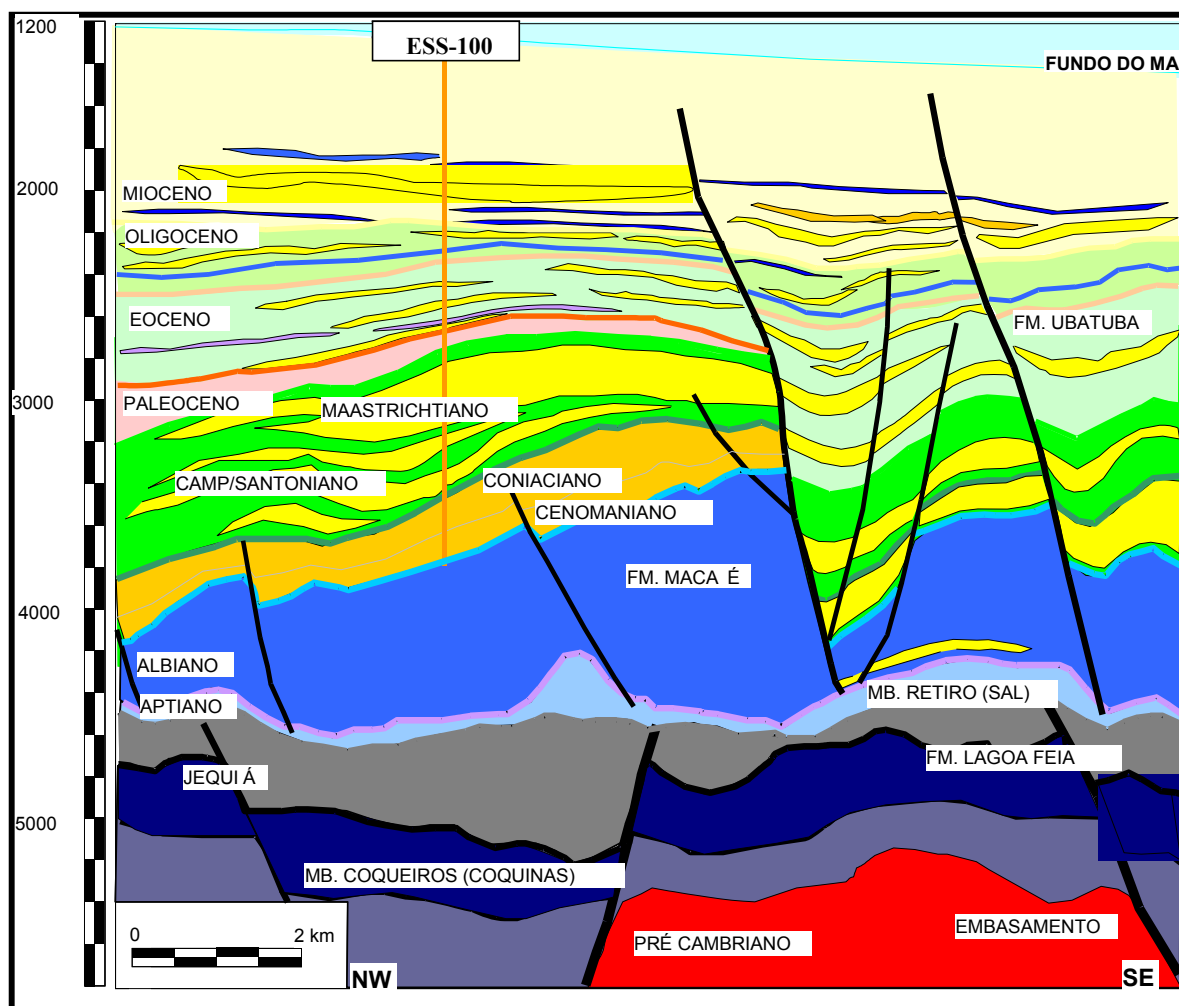


Figura 5.1.5.1-4: Seção Geológica na área do Campo de Jubarte, Bacia de Campos no ES (UN-ES/PETROBRÁS, 2002A).

Na área do presente estudo os arenitos do Maastrichtiano apresentam estruturação em rollover suave (direção geral NE-SW), associado à falha listrica controlada pela halocinese e pela movimentação de blocos do embasamento. A estrutura cretácea posiciona-se por sobre o flanco do alto reativado do embasamento (UN-ES/PETROBRÁS, op. cit.).

Dias (1991) descreve uma barreira de sal próxima ao extremo oeste da bacia, prolongando-se desde a Bacia de Santos até a Bacia do Jequitinhonha, com máximo de 600Km de largura em seu extremo sul, ocorrendo um estreitamento para norte. A espessura do sal pode, ainda segundo o autor, ultrapassar 2000m, o que coincide com o observado na seção acima. Esta barreira, nas bacias de Campos e Santos, coincide geograficamente com o Platô de São Paulo (Figura 5.1.5.1-5).

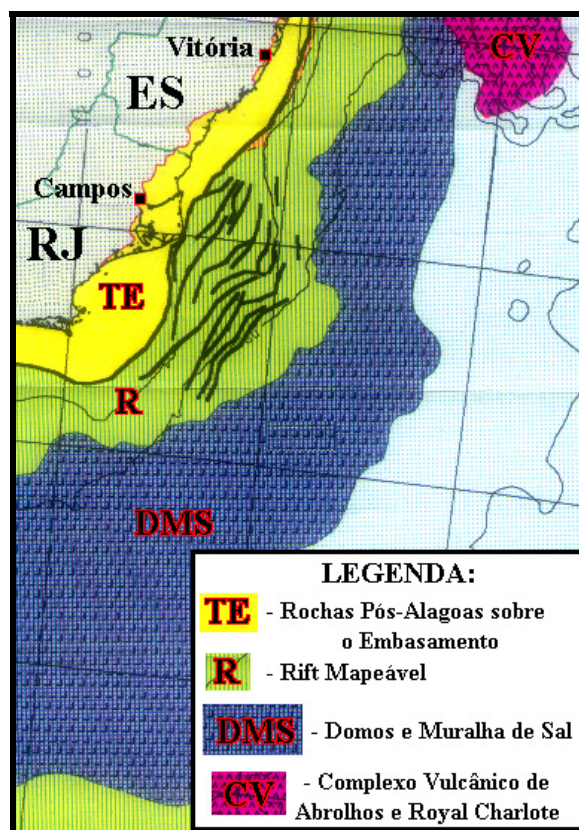


Figura 5.1.5.1-5: Mapa indicando algumas falhas da Bacia de Campos e as Províncias Geológicas descritas por Dias (alterado de Dias, 1991).

5.1.5.2 Litologia e Estratigrafia

Na parte continental temos um arcabouço cristalino de Rochas Pré-Cambrianas na região entre Cabo Frio e Vitória. Segundo Fonseca (1998), na descrição que acompanha o Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, área onde se encontra a maior parte da Bacia de Campos, a composição geral é de Rochas Metamórficas dos Complexos Juiz de Fora, Paraíba do Sul, São Fidélis, Região dos Lagos, Unidades Italva e Búzios, Pré-Cambriano indiferenciado, Gnaisses do Raposo, além de Rochas Magmáticas do Complexo Bandado de Itabapoana, Plutônicas Brasilianas a Pré-Brasilianas, Básicas e Ultrabásicas do Norte Fluminense, Outros Corpos Sintectônicos. Somam-se a estas Corpos Magmáticos de idade mais recente que o Paleoproterozóico/Neoproterozóico.

A partir de 135Ma (Mesozóico), surgem os diques básicos e alcalinos e as rochas alcalinas, seguindo-se o Grupo Barreiras (Terciário) e os sedimentos Fluviais, Flúvio-marinhos e Marinhas (Quaternário).

A tectônica Rift da abertura do Atlântico Sul condiciona as bacias sedimentares da Margem Continental Brasileira em sua estrutura, vulcanismo e deposição sedimentar.

Conforme a Carta Estratigráfica da Bacia de Campos (Figura 5.1.5.2-1) fornecida pelo ATEX/ABIG/ PETROBRÁS (2002 B), tem-se na base da coluna o embasamento cristalino Pré-Cambriano. Sobre este tem-se a deposição da fase “Rift”, de evolução tectônica, que se inicia no final do Neocomiano, com a deposição da Fm. Cabiúnas.

A continuidade do processo de rifteamento forma um lago, tendo início a deposição da Formação Lagoa Feia, que avança desde o Barremiano (± 130 MA) até o fim do Aptiano (± 112 MA). A partir deste ponto, a evolução tectônica é classificada como Transicional, com características ambientais evoluindo de lacustrina para lagunar.

Entre o Albiano (112 MA) e o Turoniano médio (90 MA) ocorre a deposição da Formação Macaé, que inclui os Membros Goitacás, Quissamã e Outeiro. O ambiente neste período tem característica Nerítica e Batial.

Do Turoniano médio (90 MA) ao final do Pleistoceno tem-se a deposição do Grupo Campos, que inclui as Formações Carapebus, Ubatuba e Emboré, englobando os Membros Tamoios, Siri, Grussaí e São Tomé. O ambiente de deposição tem características Nerítica, Batial e Abissal.

5.1.5.3 Geomorfologia

O litoral brasileiro, tomando como base os condicionamentos geológicos/geomorfológicos (lineamentos estruturais) e oceanográficos (clima de ondas, transporte litorâneo e amplitude de maré), pode ser dividido em compartimentos. Segundo Muehe (1998), com base na classificação de Silveira (1964, apud Muehe, 1998) introduzindo-se algumas alterações por informações mais atuais, podemos ter cinco regiões, cujos limites não são coincidentes com a divisão das regiões adotadas usualmente. Dentro destas regiões temos 19 compartimentos.

A região entre Salvador e Cabo Frio, denominada de Leste, guarda muitas semelhanças com o litoral nordestino.

O Grupo Barreiras apresenta-se, com seu característico relevo tabuliforme, de forma descontínua entre o Recôncavo Baiano e Ilhéus. A partir deste ponto quando é substituído por afloramento do escudo Pré-Cambriano e de rochas cretáceas. A largura máxima observada coincide com a localização de Abrolhos, onde a Plataforma Continental apresenta um alargamento.

Ao sul, após a desembocadura do Rio Doce, o Grupo Barreiras ainda se faz presente, porém com uma menor largura e presença de afloramentos do embasamento cristalino. O aporte fluvial é significativo nesta região com a formação de deltas nos Rios Jequitinhonha, Caravelas, Doce e Paraíba do Sul.

Pouco mais ao sul temos o Cabo Frio que representa um marco regional, onde os processos oceanográficos (clima de ondas), geológicos (separa as Bacias de Campos e Santos) e ecológicos (limite sul da ocorrência de construções carbonáticas) se diferenciam a S e a N.

Quatro seguimentos são observados na região:

- a) Macro compartimento Litoral de Estuário;
- b) Macro Bancos Royal Charlote e Abrolhos;
- c) Macro compartimento embaçamento de Tubarão e,
- d) Macro compartimento Bacia de Campos.

Na porção do litoral oriental, insere-se a Bacia de Campos, com sua parte norte localizada no compartimento 11 (embaçamento de Tubarão), e a área a sul do rio Itabapoana localizada no compartimento 12 (Bacia de Campos).

- **Macro Compartimento Embaçamento de Tubarão:** nesta área, entre o Banco de Abrolhos e a Bacia de Campos, a margem continental é estreita. Seu limite sul foi estendido por Muehe (1998), passando do Banco de Vitória/alinhamento da cadeia Vitória/Trindade, para o Rio Itabapoana.

O Grupo Barreiras se faz representar de forma descontínua, podendo ultrapassar 100 Km de largura para o interior na porção norte do compartimento, mas no sul não passa de 10 Km. Gradualmente é substituído por afloramentos do embasamento cristalino

- **Macro Compartimento Bacia de Campos:** situa-se entre o Rio Itabapoana e o Cabo Frio, tendo como principal feição a planície costeira, onde temos o Delta do Rio Paraíba do Sul. O Grupo Barreiras alarga-se novamente e, pela presença da planície costeira do Rio Paraíba do Sul,

interioriza-se, desaparecendo por completo ao final desta planície, quando passam a predominar os afloramentos rochosos do embasamento Pré-Cambriano.

Nas proximidades do Rio São João podem ser observadas algumas rochas intrusivas alcalinas de idade Cretácea que formam o Morro de São João e a ilha de Cabo Frio (limite inferior do macro compartimento).

O Grupo Barreiras aproxima-se da praia na porção norte do compartimento formando falésias ativas, enquanto que, na porção sul, localizam-se as planícies costeiras do Rio Paraíba do Sul.

A evolução da Planície costeira do Rio Paraíba do Sul é relacionada a processos fluviomarinhos, destacando-se as variações do nível do mar e a ação do rio. Na Figura 5.1.5.3-1 podemos observar o mecanismo de formação da planície.

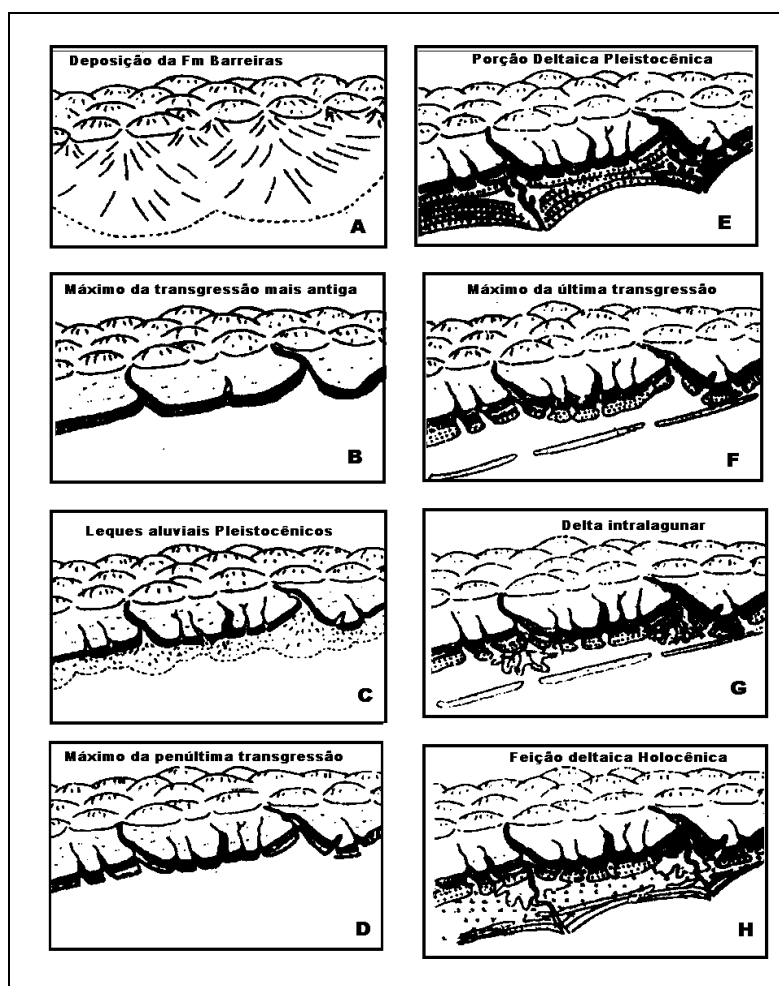


Figura 5.1.5.3-1: Esquema mostrando a evolução da planície costeira do Rio Paraíba do Sul. Primeiramente temos a deposição do Grupo Barreiras (A), seguindo-se uma transgressão marinha (B) e formação de pequena planície costeira (C). Nova transgressão ocorre (D) afogando a planície pré-existente e desenvolvendo da planície costeira de caráter deltaico (E). Outra transgressão marinha ocorre (F) e o nível do mar se aproxima do atual, afogando os deltas pré-existentes e formando um complexo lagunar costeiro. Passado o tempo o delta avança por sobre as lagunas costeiras, transpondo-as e gerando a sucessão de cristas de praia de formação deltaica, na parte frontal e um complexo de lagoas e alagadiços na parte posterior do delta. (alterado de Bastos 1997).

Ainda, segundo Bastos (op. cit.), o complexo deltaico do Paraíba do Sul tem características diferenciadas a Norte e a Sul da desembocadura do rio:

- uma sucessão de cordões alongados com limites, larguras e extensões variáveis, intercaladas com terrenos superficialmente lamosos com presença de lagos, pântanos e manguezais ocorrem na área ao norte da desembocadura. As idades fornecidas por datações numa paleolaguna, realizadas por Martin et all (1984, apud Bastos op. cit.), são de 2530 (± 170) e 2360 (± 170) anos BP.
- uma seqüência de cordões arenosos retilíneos intercalados com depressões alongadas, de direção NE-SW ocorrem na área a sul da desembocadura. Os cordões são descritos por Tanner e Silva (1995, apud Bastos op. cit.) como cristas de praia construídas por espriamento. Neste setor as cristas são separadas por discordâncias (Figura 5.1.5.3-2), sendo observados 07 sistemas distintos de cristas da lagoa da planície (Dias e Gorini 1980).

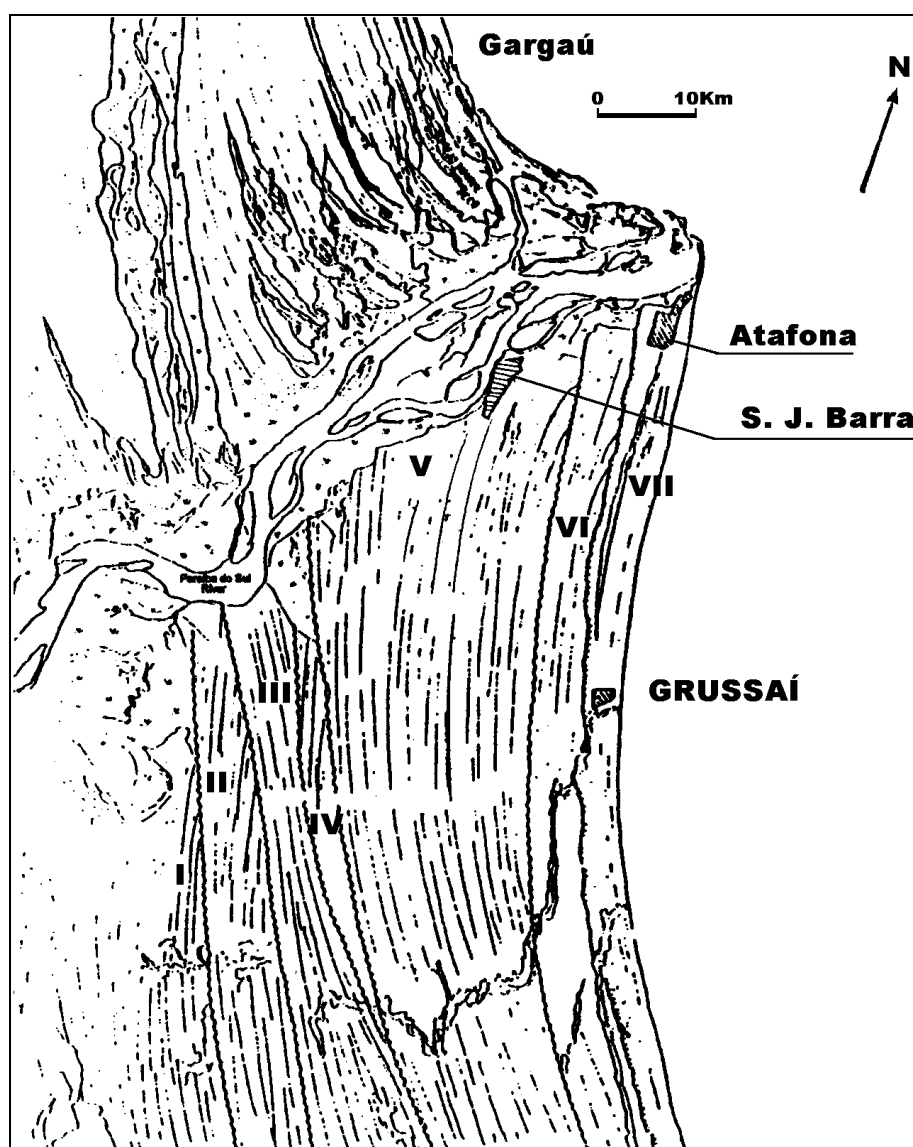


Figura 5.1.5.3-2: Mapa esquemático da planície de cristas do Rio Paraíba do Sul, mostrando a diferença de evolução à norte e a sul da desembocadura. Na porção Sul são observadas discordâncias erosivas individualizando sete sistemas de cordões (Alterado de Dias e Gorini 1980).

A linha de costa apresenta mudança de direção na região do Cabo de São Tomé, caracterizando-se por uma planície de progradação estreita, com no máximo 1500m, apresentando alinhamentos de cristas de praias gerados pela convergência da deriva litorânea. Há a ocorrência de truncamento de uma série de canais fluviais (Figura 5.1.5.3-3), indicando retrogradação por variação do nível do mar (Bastos, op. cit.). Deste local até Macaé há o truncamento de uma série de lagunas e depósitos fluviais, lagunares e de cristas de praia do complexo deltaico do Paraíba do Sul, o que se explica pela migração do cordão sobre o continente (Silva, 1987 apud Bastos 1997).

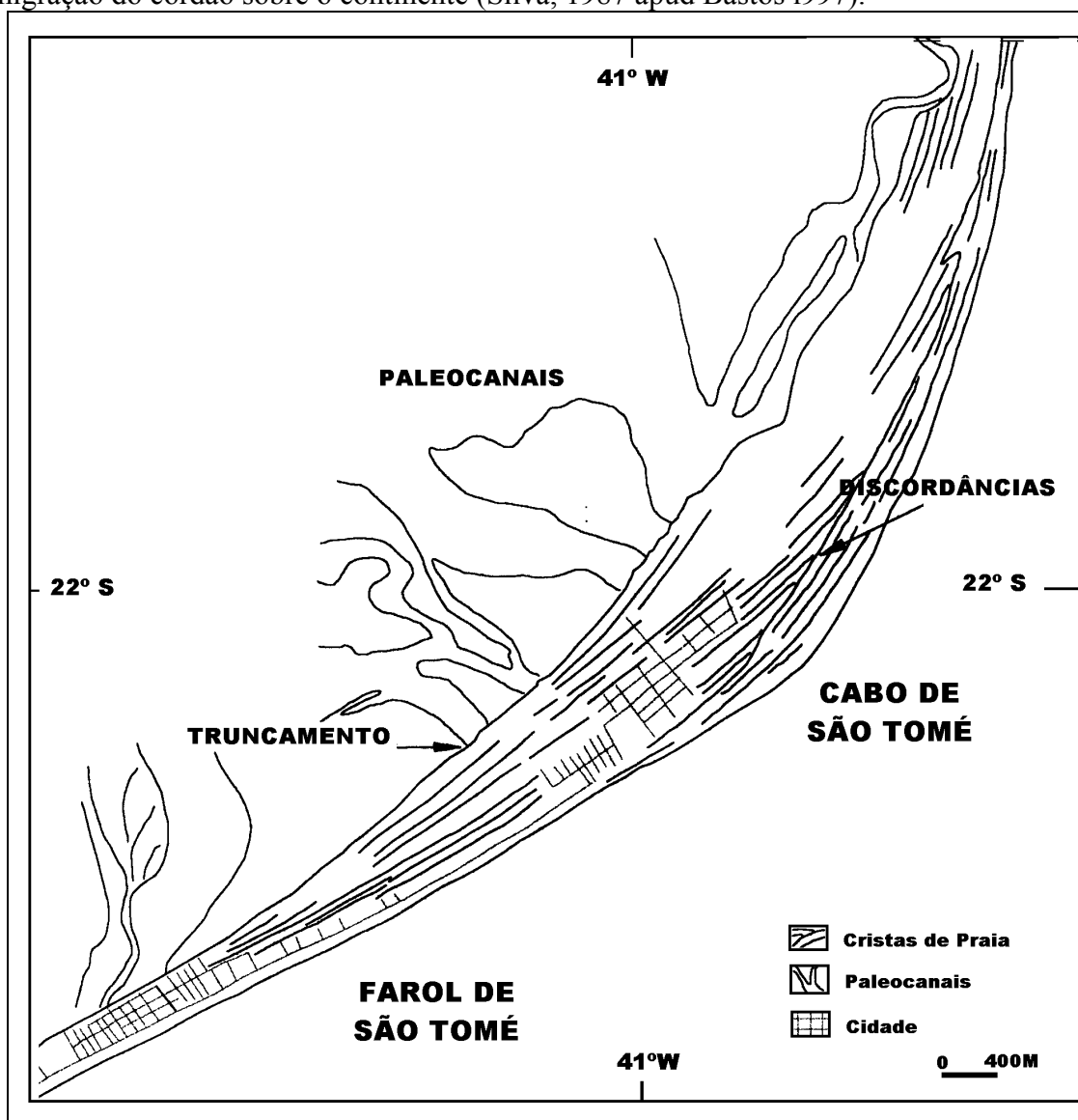


Figura 5.1.5.3-3: Mapa da planície costeira do Cabo de São Tomé, mostrando o truncamento dos paleocanais e a discordância das cristas de praia (alterado de Bastos, 1997).

Um Mapa Morfodinâmico do Litoral na área de Cabiúnas a Atafona (Figura 5.1.5.3-4) foi elaborado por Bastos (1997). Neste mapa podemos observar os principais parâmetros morfométricos e hidrodinâmicos que caracterizam os diferentes setores ao longo do litoral.

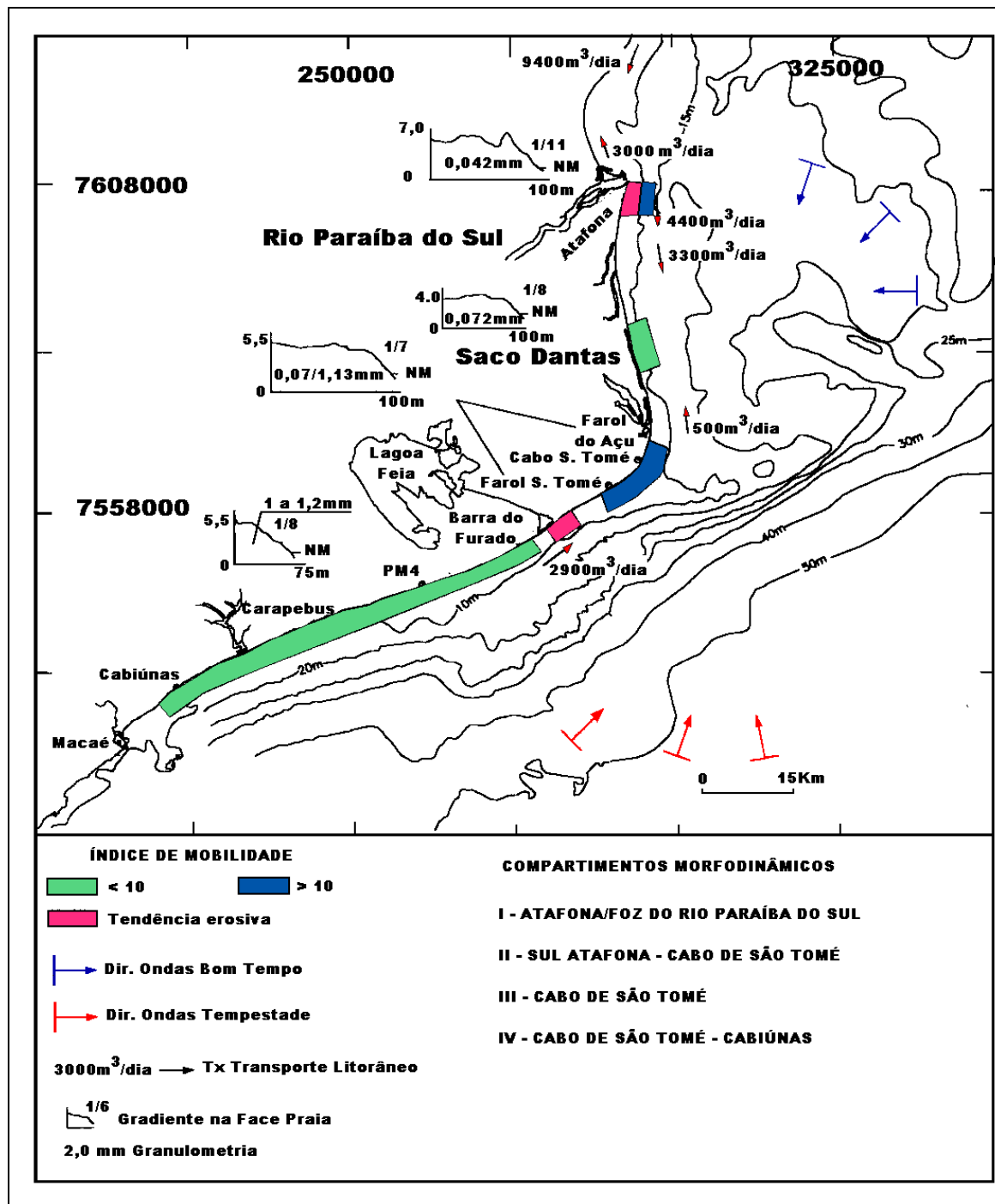


Figura 5.1.5.3-4: Mapa de morfodinâmica do litoral entre Cabiúnas e Atafona (alterado de Bastos, 1997).

A nascente do Rio Paraíba do Sul localiza-se próxima à cidade de Paraibuna/SP e sua desembocadura próximo à cidade de Campos/RJ. No total o rio possui 1137 Km de leito, atravessando os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, sendo deste último a maior parcela de terreno (Costa, 1994 apud Bastos 1997). A vazão média varia de 500 m³/s no período de seca (inverno) e 2000 m³/s no período de chuva (verão), segundo Valentim e Neves (1989, apud Muehe, 1998).

Quatro unidades geomorfológicas foram identificadas por Gatto et all (1983) na parte continental da região:

- **Serra do Mar:** série de crista e linhas de falhas que formam uma cadeia de montanhas com desníveis de 800 e 1000 metros, podendo alcançar 2400 metros nas proximidades do Rio de Janeiro. Possui, segundo Almeida (1976 apud Sperle, 1997) aproximadamente 80 Km de largura e extensão de quase 1000 Km desde o Arco de Ponta Grossa até o Sul do Espírito Santo. Sua composição é basicamente, segundo o Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DNPM, 1998), rochas cristalinas de idades anteriores ao Neoproterozóico e corpos magmáticos Pós e Sin-tectônicos.
- **Unidade Colinas e Maciços Costeiros:** apresentam altitude de 15 a 40 metros, englobando fácies de dissecação homogênea, de drenagem média e encostas convexas, apresentando cobertura coluvial no topo e “stonelines” angulosa e/ou sub-arredondada separando o colúvio do material de alteração do gnaise.
- **Unidade Tabuleiros Costeiros:** relevos dissecados e aplainados no topo, apresentando padrão de drenagem sub-dendrítica e dissecação homogênea sobre sedimento do Grupo Barreiras. Seu relevo é plano com inclinação suave para o litoral até seu contato com a Planície Litorânea, contato este feito através de falésias de até 6m de desnível. Sua composição é de arenitos e sedimentos argilo-arenosos laterizados, ocasionalmente apresentando afloramentos de concreções ferruginosas. Os sedimentos são bem friáveis e altamente suscetíveis à erosão quando expostos pela ausência de vegetação.
- **Unidade Planície Litorânea:** resultam de progradações costeiras de origem fluvial, flúvio-lacustre e marinha, controladas principalmente por variações do nível do mar, o tectonismo e o regime fluvial. Esta progradação chega a 30 Km na planície do Paraíba do Sul, mudando inclusive o curso do rio em direção ao Norte. São observadas inúmeras lagoas e cordões litorâneos que se relacionam às oscilações do nível do mar na Planície Costeira da parte emersa da Baía de Campos.

O litoral da Baía de Campos é dominado por praias arenosas de mar aberto com estreita faixa de areia, vegetação de restinga e importância turística acentuada. Há, localmente, a ocorrência de costões rochosos, lajes e afloramentos rochosos, todos remanescentes dos maciços costeiros, bem como a presença de manguezais na desembocadura dos principais rios.

Estudo realizado por Bastos e Silva (2000, apud Analytical Solutions, 2003), caracteriza o litoral norte fluminense baseando-se em perfis de praia, morfologia da Plataforma Continental e fotos aéreas. São reconhecidos pelos autores quatro setores morfodinâmicos do litoral, a saber:

- **Atafona/Foz do Paraíba do Sul:** com características morfodinâmicas intermediárias a dissipativas, com alto índice de mobilidade e elevada taxa de erosão;
- **Sul de Atafona/Cabo de São Tomé:** estágio morfodinâmico intermediário a refletivo com baixo índice de mobilidade de praia;
- **Cabo de São Tomé:** estágio morfodinâmico refletivo a intermediário, com alto índice de mobilidade de praia;

- **Cabo de São Tomé a Cabiúnas:** estágio refletivo com baixo índice de mobilidade de praia.

A Margem Continental Brasileira na área deste estudo, entre Cabo Frio e Vitória, possui perfil típico de margem passiva, apresentando Plataforma Continental, Talude Continental e Sopé Continental bem definidos.

Durante a realização do Projeto REMAC (CENPES/PETROBRÁS, 1979) a Margem Continental Brasileira foi dividida em Norte, Nordeste-Leste e Sul (Zembruski et al, 1977). Esta divisão foi adotada para a confecção dos mapas fisiográficos em escala 1:35.000.000 do Projeto REMAC.

- **Margem Norte:** localizada entre o Cabo Orange (AP) até a Baía de São Marcos (MA), apresenta perfil típico, com Plataforma, Talude e Sopé, além da presença do Cone do Amazonas. A modelagem do relevo se dá por processos de deposição e erosão.
- **Margem Nordeste-Leste:** localizada entre a Baía de São Marcos (MA) e o Cabo de São Tomé (RJ). Destaca-se o complexo relevo, esculpido por ação intensa de tectonismo e vulcanismo. Sua topografia é acidentada apresentando terraços, platôs marginais e outras feições de nítido controle estrutural. Há a presença de inúmeros montes submarinos, isolados ou em grupos, alinhados ou não, que se localizam no Sopé e Talude Continentais.
- **Margem Continental Sul:** localizada entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Arroio Chuí. É a porção mais ampla de nossa margem continental, possuindo um relevo monótono de Plataforma, Talude e Sopé Continentais, com a presença do Platô de São Paulo. A principal condicionante do relevo é a sedimentação, que suaviza a topografia do fundo.

A porção norte da Bacia de Campos, localizada acima do Cabo de São Tomé, pertence ao setor Nordeste-Leste, enquanto que a parte sul da bacia, abaixo deste cabo, pertence à região sul.

Com base na descrição de Zembruski et al (1977) e na observação do Mapa Fisiográfico da Margem Continental Sul do Brasil (Figura 5.1.5.3-5), observam-se as províncias da Plataforma Continental, Talude Continental e Sopé Continental.

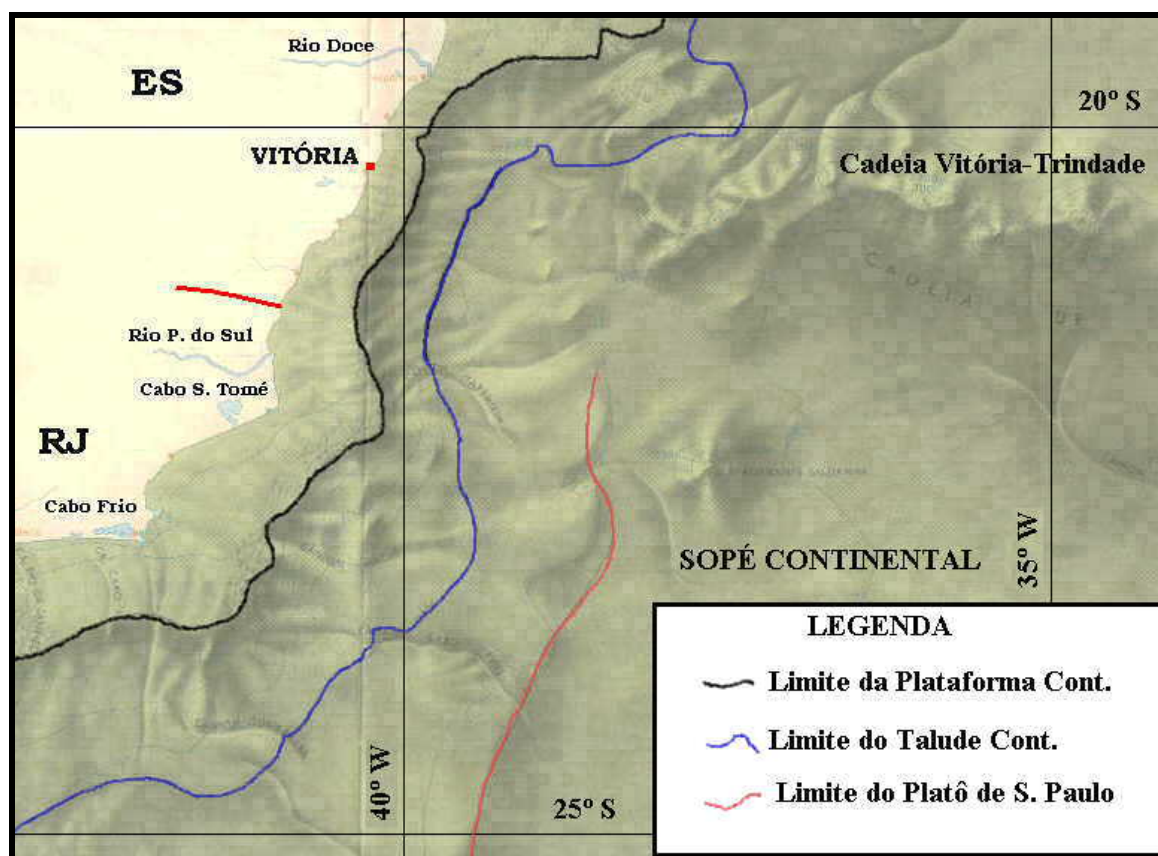


Figura 5.1.5.3-5: Trecho do Mapa Fisiográfico da Margem Continental Brasileira entre Cabo Frio, no estado do Rio de Janeiro, e Rio Doce, no estado do Espírito Santo (alterado de Zemruscki e Costa, 1979).

- **Plataforma Continental:** conforme pode ser observado na Figura 5.1.5.3-6, é estreita entre Vitória e Cabo de São Tomé. A quebra se encontra em profundidades entre 60 e 80m no trecho entre o Rio Doce e Vitória, passando a profundidade de 100m, próximo a Guarapari, e recuando para profundidades de 40m na divisa com o ES/RJ. A partir deste ponto a largura aumenta, chegando a 120Km em frente à Macaé, e a profundidade da quebra passa a situar-se entre 80 e 100/120 m.

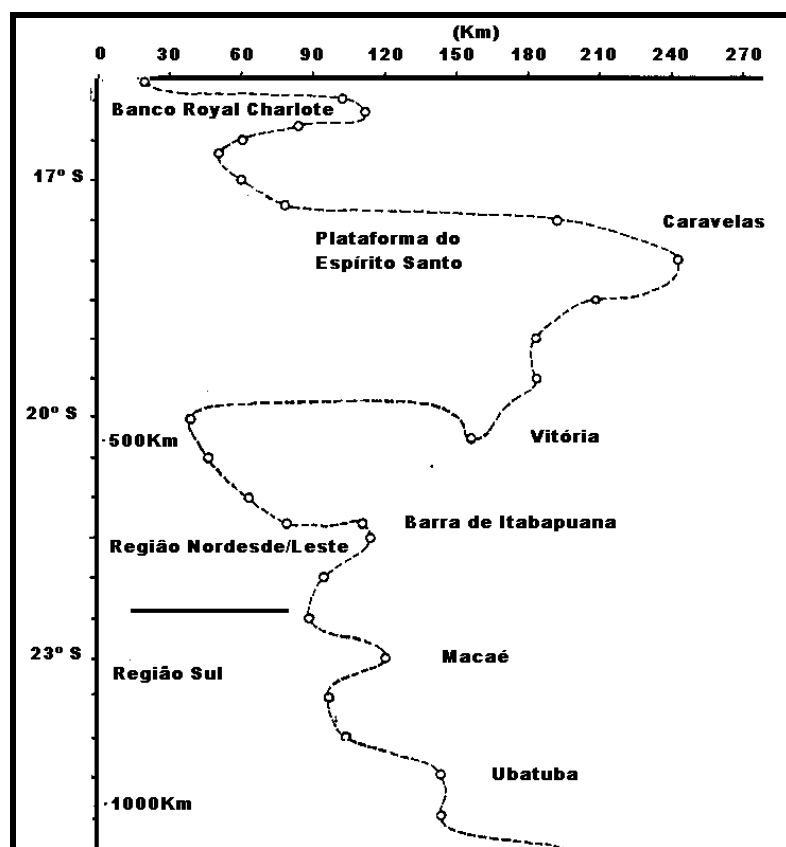
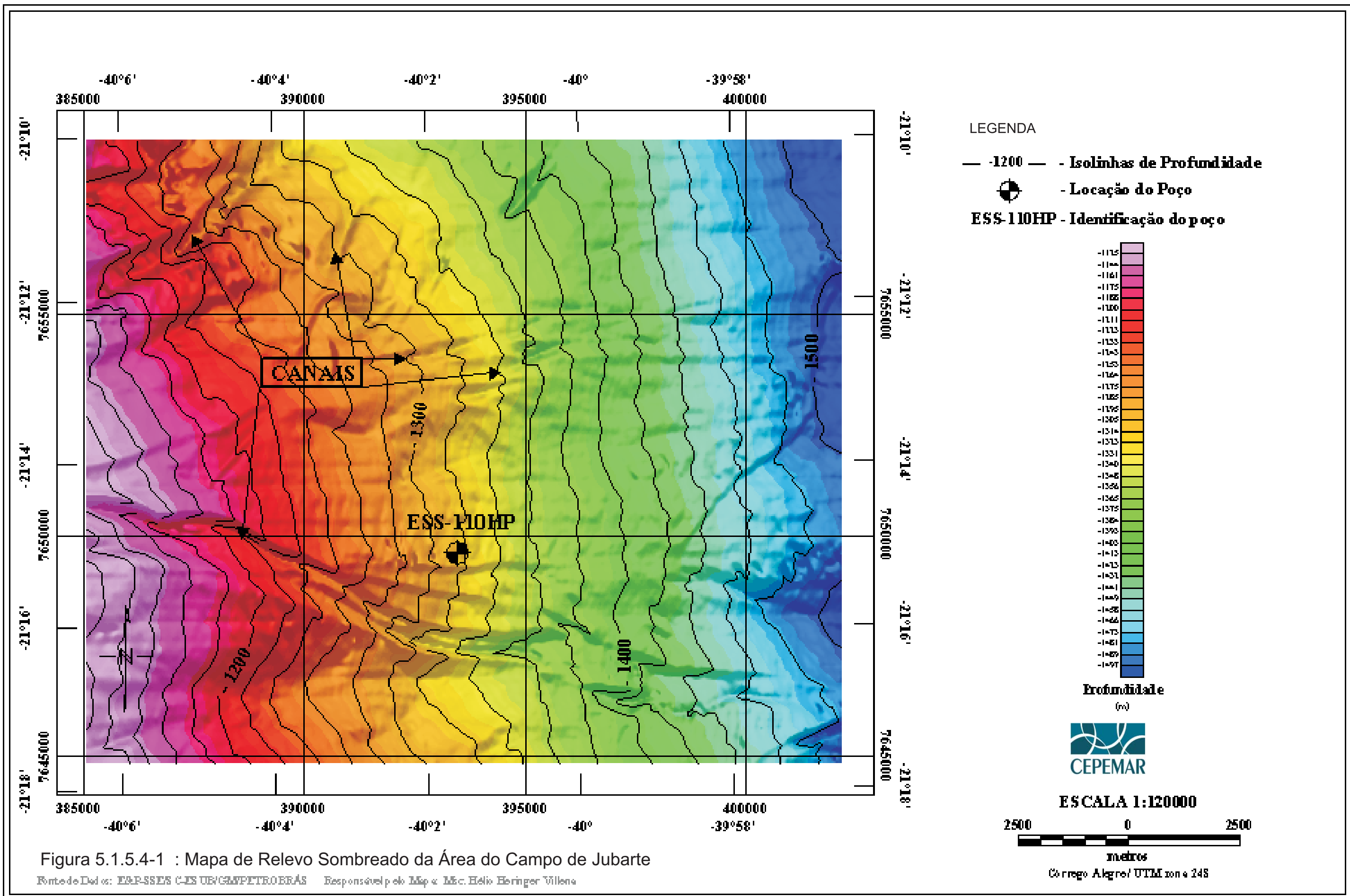


Figura 5.1.5.3-6: Variação da largura da Plataforma Continental no trecho entre Vitória e Ubatuba (alterado de Zembruskietall, 1977).

- **Talude Continental:** entre a desembocadura do Rio Doce e a divisa ES/RJ o talude tem gradiente mais elevado e menor largura. Ao sul torna-se mais largo e menos íngreme, o que denota a predominância da sedimentação na sua formação. Entre a base do Talude (2900m) e a isóbata de 3300m, a sul da divisa ES/RJ, temos a presença do Platô de São Paulo, com área aproximada de 114.000 Km² (Zembruski e Costa, 1977).
- **Sopé Continental:** conforme Zembruski e Costa (op. Cit.), o sopé continental é bem definido na área localizada a norte do Platô de São Paulo, iniciando a 3300m de profundidade, na borda do platô. O sopé é amplo, com largura entre 300 e 400Km próximo ao Cabo Frio, refletindo a importância da sedimentação ocorrida na Margem Continental desta região.

5.1.5.4 Batimetria

O relevo submarino da região do Campo de Jubarte e da Bacia de Campos pode ser visto nos Mapas Batimétrico apresentados, respectivamente, Figura 5.1.5.4-1 e Figura 5.1.5.4-2, enquanto que a declividade do fundo marinho pode ser observada nos Mapas de Gradiente (Figura 5.1.5.4-3 e Figura 5.1.5.4-4). Ambos os mapas foram confeccionados sobre a mesma base, utilizando-se o programa GEOSOFT 4.3, na escala 1:2500000, Datum Córrego Alegre e sistema de Projeção UTM (zona 23S).



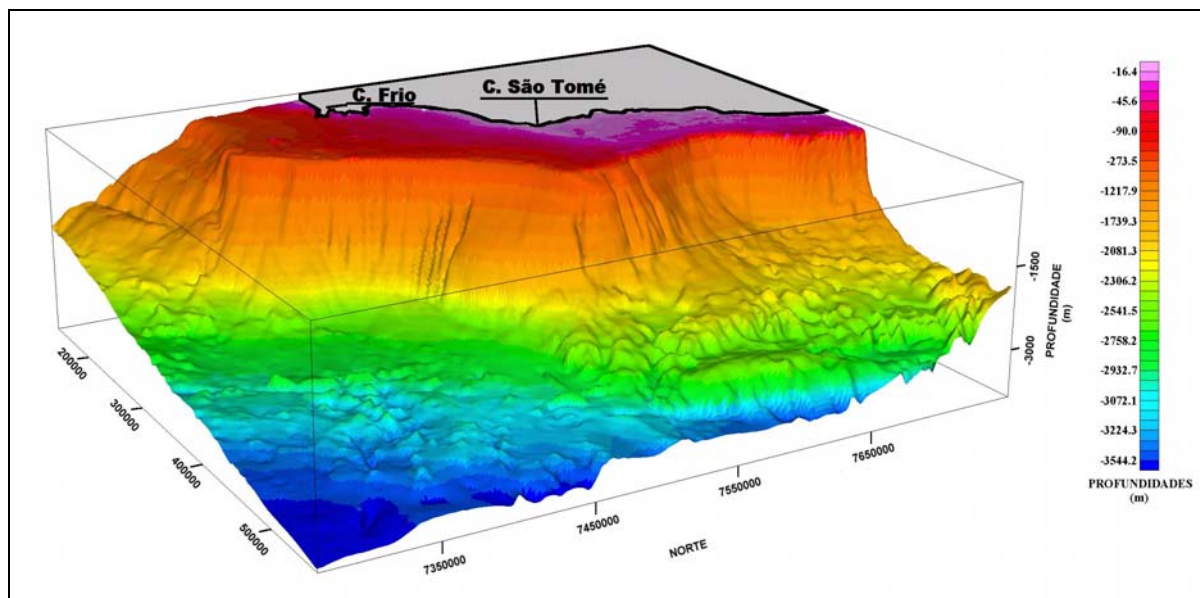
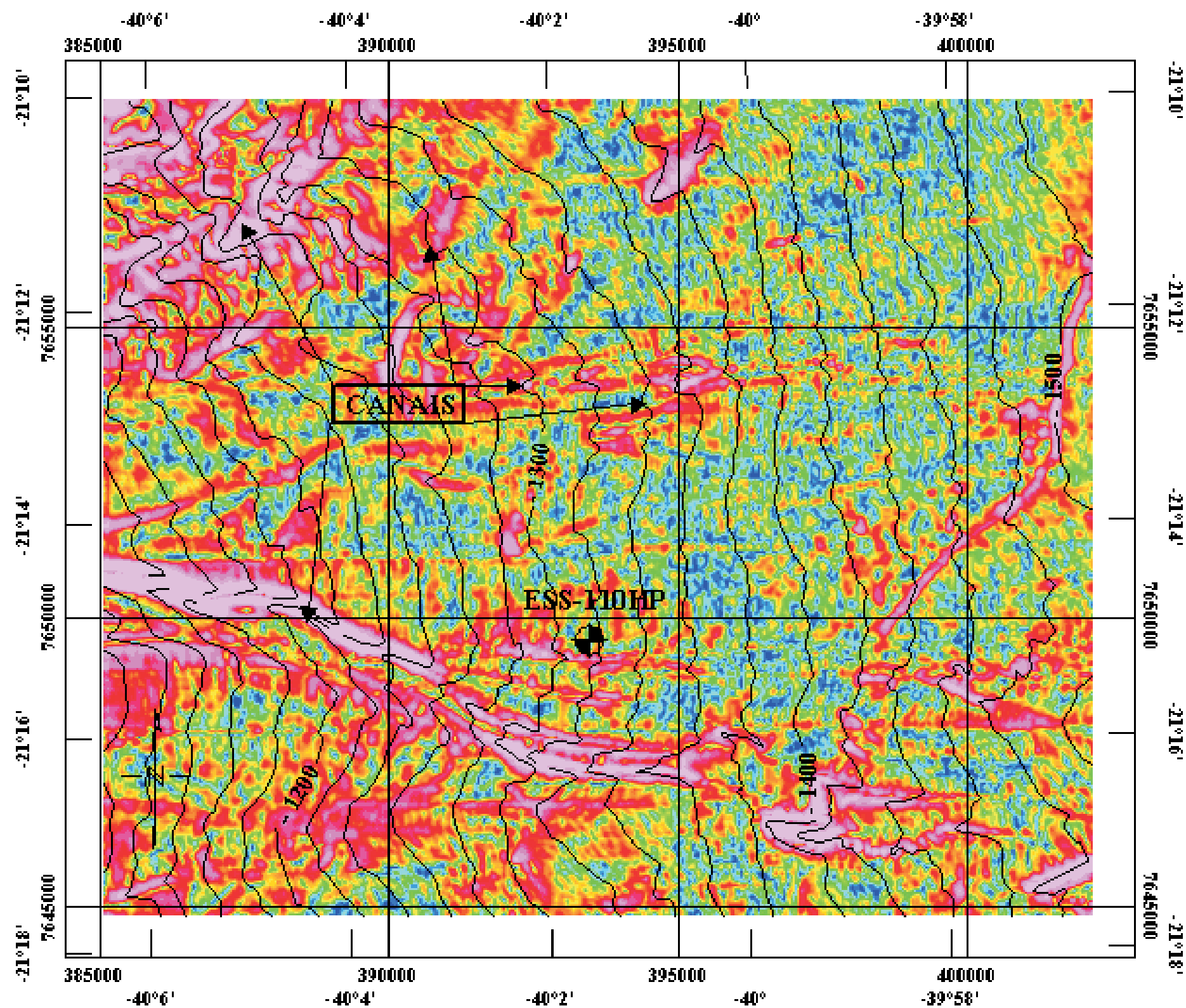


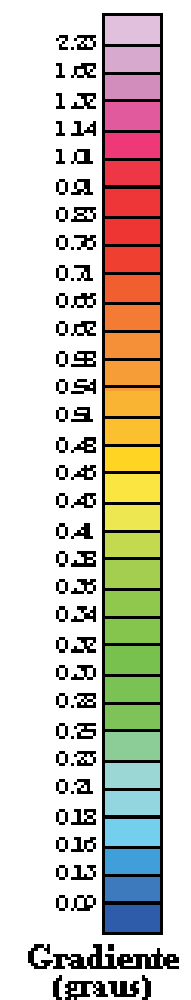
Figura 5.1.5.4-2: Vista da batimetria da Região da Bacia de Campos em 3 d, na qual o relevo e as cores referem-se à batimetria.



LEGENDA

— -1200 — Isolinhas de Profundidade

ESS-110HP - Identificação do Poço



ESCALA 1:120000



Córego Alegre/ UTM zona 24S

Figura 5.1.5.4-3 : Mapa de Gradiente da Área do Campo de Jubarte

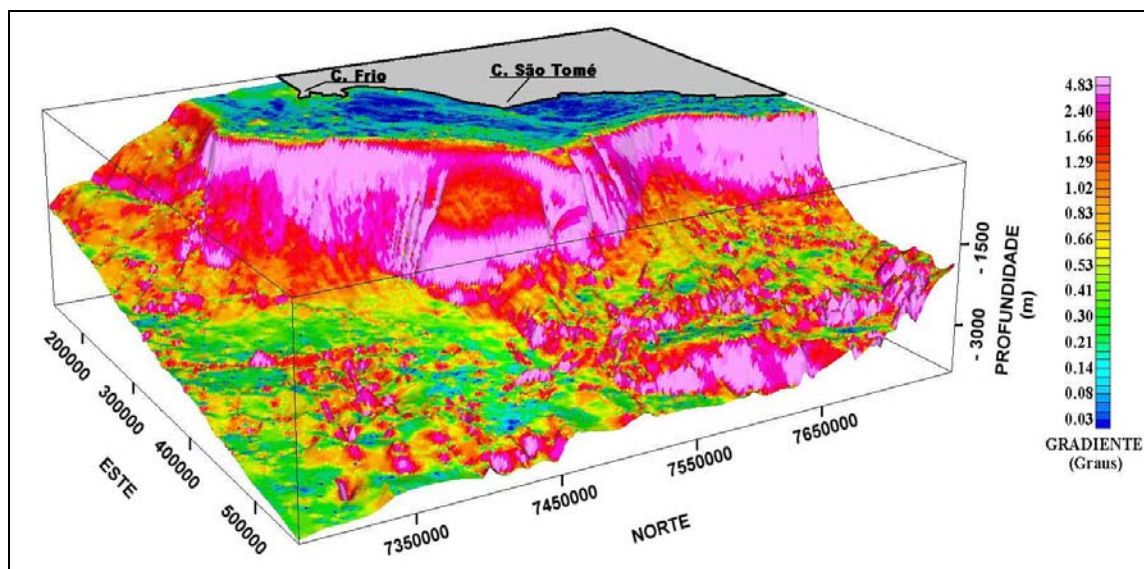


Figura 5.1.5.4-4: Vista da batimetria da Região da Bacia de Campos em 3 d, na qual o relevo reflete a batimetria e as cores referem-se ao gradiente de inclinação.

Para a elaboração dos grids foi utilizada uma base de dados fornecida pela GEODES/PETROBRÁS (formato .XYZ), onde tem-se a coordenada E, a coordenada N e a profundidade. Primeiramente foi preparado o grid de batimetria, representado no mapa na forma de relevo sombreado e isolinhas batimétricas e, posteriormente, através do cálculo da primeira derivada do grid batimétrico, foi gerado o grid de gradiente, representado por uma tabela de cores.

A Plataforma Continental, conforme pode ser observado nas Figuras 5.1.5.4-5 e Figura 5.1.5.4-6 é mais ampla na região localizada a sul da desembocadura do Rio Paraíba do Sul. A porção ao Norte da desembocadura do rio, da coordenada 7650000N, até o limite N da Bacia, a Plataforma Continental é mais estreita (Figura 5.1.5.4-5).

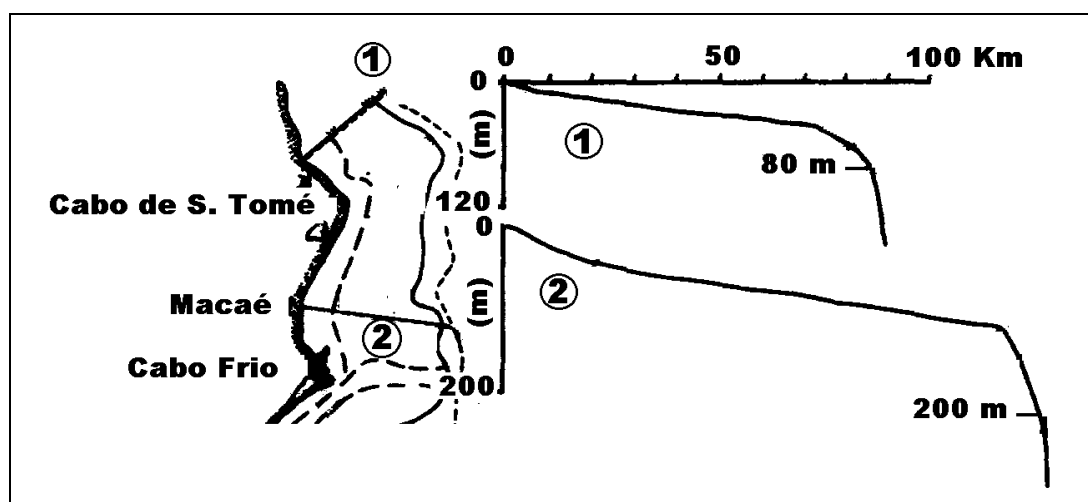


Figura 5.1.5.4-5: Esquema mostrando a localização de dois perfis batimétricos, com suas respectivas representações. É notória a diferença de largura da plataforma a norte e a sul da desembocadura Rio Paraíba do Sul, localizada pouco ao norte do Cabo de São Tomé (alterada de Zemruski, 1979).

O Mapa Batimétrico mostra a presença de um banco com profundidades de até pouco mais de 20m, localizado nas proximidades do Cabo de São Tomé, confirmando o descrito por Bastos (1997) e Dias et all (1984). Cortando este banco temos um canal, de direção NW-SE, bem demarcado pela isóbata de 25m, confirmando Bastos (op. cit.). Uma frente de progradação, delineada pelo afastamentos das isóbatas de 60 e 80/100m, foi descrita por Zembruski (1979).

A atual plataforma interna corresponderia a uma paleoplanície costeira de um período de mar mais baixo que o atual, estando o Canal do Grussaí relacionado a uma paleodesembocadura do rio Paraíba do Sul e o Banco submarino seria uma feição de retrabalhamento dos depósitos fluviais durante a elevação do nível do mar (Dias e Gorini, 1980 e Silva, 1987).

Próximo ao Cabo Frio, área de litoral rochoso, a plataforma se estreita, com a isóbata de 25m aproximando-se da costa. Entre as coordenadas 213000E/290000E e 7435000N/7428000N, conforme Zembruski (1979), as isobatimétricas de 40, 80/100m assumem forma convexa em relação à costa, assim como ocorre próximo ao Cabo de São Tomé, denotando uma feição de progradação semelhante à descrita anteriormente (Figura 5.1.5.4-6).

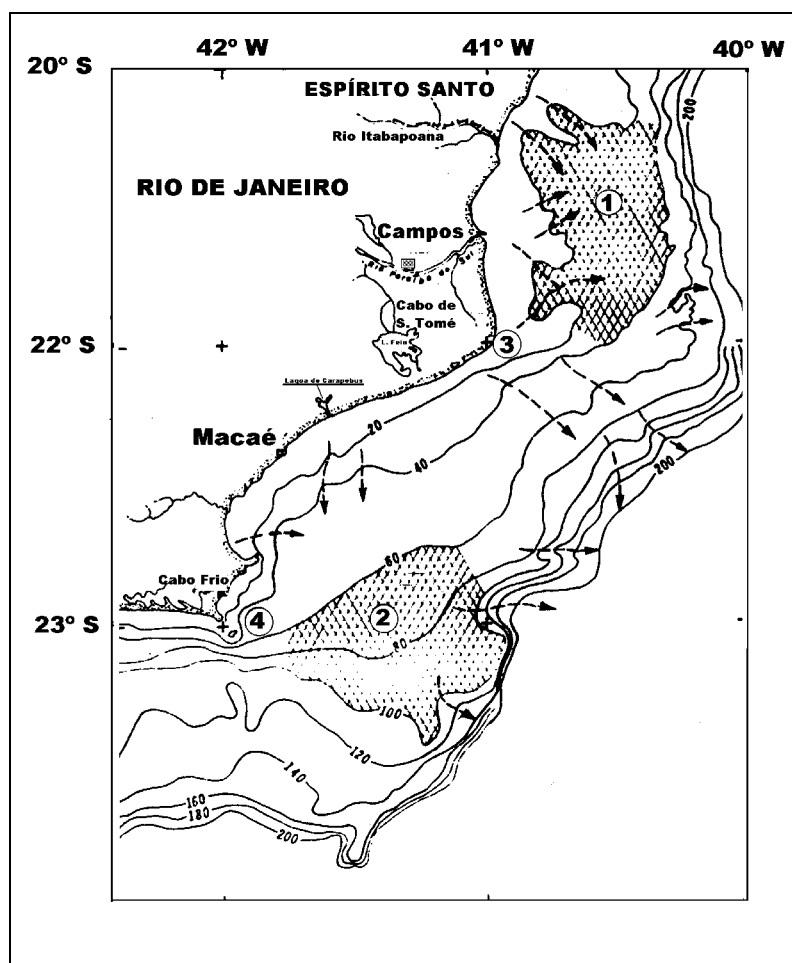


Figura 5.1.5.4-6: Mapa da Plataforma Continental entre o Cabo de São Tomé e o Cabo Frio, no qual podemos observar os 2 prismas sedimentares (1 e 2), o cuspide do Cabo de São Tomé (3), o prolongamento do Cabo Frio no relevo marinho. Os canais que atualmente apresentam expressão topográfica são indicados com setas (alterado de Zembruski, 1979).

Seguindo-se à quebra da plataforma tem-se o talude. Entre as coordenadas 7600000N e 7520000N, podemos observar vários Cânions (Alte. Saldanha, São Tomé, etc.), que parecem ter continuidade através da passagem de direção de direção NW-SE, que se estende a partir de 2000m até 3000m.

Pouco mais ao sul, voltamos a observar a presença de Cânions, agora o Grupo Sudeste de Cânions, cortando o talude, até a coordenada 7400000N, quando temos a porção final da Bacia de Campos.

Entre as coordenadas 7300000N/500000E e 7400000N/400000E nota-se um canal de direção SE-NW, passando a E-W, que é denotado pelas isóbatas de 3000m a 3500m.

No Talude é notória a presença do Platô de São Paulo, uma feição de envergadura regional Zembruscki (1979), localizado a profundidades superiores a 2800m. Ao norte é limitado pela Cadeia Vitória Trindade/Lineamento de Vitória, apresentando uma largura menor que na porção sul (entre 180 e 200Km) e, ainda segundo Zembruscki (op. Cit.), perde quase todas as suas características (Figura 5.1.5.4-7).

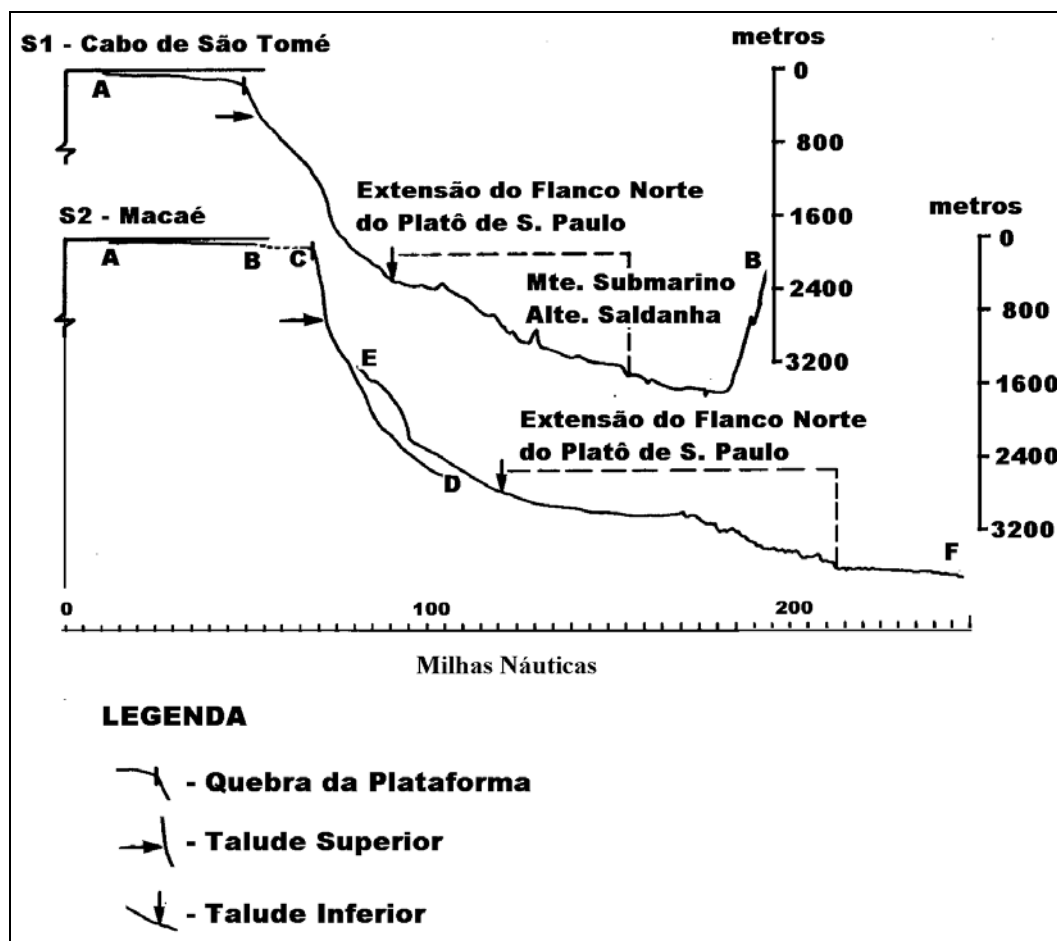


Figura 5.1.5.4-7: Perfis batimétricos próximos ao Cabo de São Tomé e de Macaé, nos quais podemos notar a presença do Flanco do Platô de São Paulo (alterado de Zembruscki, 1979).

Em seqüência ao Platô de São Paulo temos o Sopé Continental entre as isóbatas de 3000/3300m, junto ao platô, e 4300/4800m, no limite com as Colinas Abissais. Chega a ter 630 Km de largura em sua parte mais ampla, localizada em frente à Macaé.

Em termos de Gradiente, Figuras 5.1.5.4-3 e 5.1.5.4-4 apresentadas anteriormente, a plataforma interna e média apresenta declividades suaves ($< 0,12^\circ$) em sua maior parte, excetuando-se:

- o extremo norte da bacia (próximo à Vitória) até a coordenada 7645000N, onde os valores se encontram entre $0,12^\circ$ e $0,33^\circ$. Estes valores de gradiente coincidem com a área de estreitamento da plataforma descrito anteriormente.
- próximo a São Tomé, no topo do banco detectado pela batimetria, o gradiente é mais suave ($< 0,1^\circ$), acentuando-se nos flancos ($0,20^\circ$ e $0,33^\circ$).
- Próximo ao Cabo Frio o gradiente fica entre $0,21^\circ$ e $2,4^\circ$ com os valores mais elevados relacionados ao litoral de afloramentos rochosos.

Zembruscki (op. cit.) descreve a existência de um primeiro declive na plataforma, com inclinação de $0,16^\circ$.

Nas áreas de profundidade superior a 60m (Plataforma Externa) o gradiente apresenta valores entre $0,24^\circ$ a $0,45^\circ$, podendo chegar a $0,53^\circ/0,66^\circ$ na borda, onde temos a quebra da plataforma continental para entrada no talude.

No Talude Continental os valores mais elevados de gradiente localizam-se na porção norte da bacia, com declividades de mais de $3,53^\circ$ em sua porção superior, 2° no talude médio e passando a mais suave a profundidades maiores que 2200m, até a coordenada 490000 E, onde se destaca no Mapa de Gradiente uma pequena escarpa com inclinações variando de $1,4^\circ$ a mais de $4,8^\circ$ no prolongamento dos Cântons em direção ao Sopé Continental. Segue-se um patamar de baixos valores de gradiente entre 2600 e 2800m de profundidade, voltando a ter alto gradiente ($> 3,5$ a $4,8^\circ$) em direção ao sopé.

A área próxima ao campo de Albacora os valores de gradiente estão acima de 2° , sendo notáveis escarpas localizadas e flancos dos Cântons com valores de gradiente acima de 4° . A passagem de direção NW-SE que é observada na batimetria também se destaca pelo gradiente de seus flancos, que fica acima de $1,5^\circ$ em profundidades entre 2000m e 3000m .

Mais ao sul, no talude de Marlim, os declives são baixos ($< 2^\circ$) em profundidades de até 1400m, passando a declives maiores que $3,5^\circ$ entre 1400 e 2200m. O gradiente passa a mais suave até 1600m de profundidade, onde encontramos o Platô de São Paulo, com valores de gradiente inferiores a $0,4^\circ$.

Mais ao sul, onde encontramos o Grupo Sudeste de Cântons, os valores de gradiente são superiores a $4,8^\circ$ nos flancos dos cântons, passando a valores abaixo de $0,5^\circ$ em profundidades maiores que 2800m, quando entramos no Platô de São Paulo. O canal observado na batimetria é demarcado por gradientes da ordem de $1,39^\circ$, podendo chegar a 3° em alguns locais.

Seguindo em direção ao extremo sul da bacia, encontramos uma área caracterizada por altos valores de gradiente ($>3,5^\circ$) no talude superior, passando a um talude médio com gradiente entre $1,4^\circ$ e $2,4^\circ$ até a isobata de 2200m, onde temos um patamar de mais suave, com valores de gradiente inferiores a $0,7^\circ$ no Platô de São Paulo.

Segundo E&P-SSE/SC-ESUB/GM/PETROBRÁS (2002 A), a área do presente estudo localiza-se no Talude Continental (médio a inferior), com lâmina d'água entre 1100 a 1500m. O local de produção tem profundidade de 1323m.

A batimetria do local é mostrada na Figura 5.1.5.4-1, apresentada anteriormente, no qual temos o Mapa de Relevo Sombreado. Podemos notar a batimetria local, representada pelo grid de relevo sombreado colorido e pelas isolinhas de profundidade. Podemos notar, também (Figura 5.1.5.4-8), a presença de canais cortando o talude em direção às maiores profundidades, o que confirma o descrito por E&P-SSE/SC-ESUB/GM/PETROBRÁS (op. cit.).

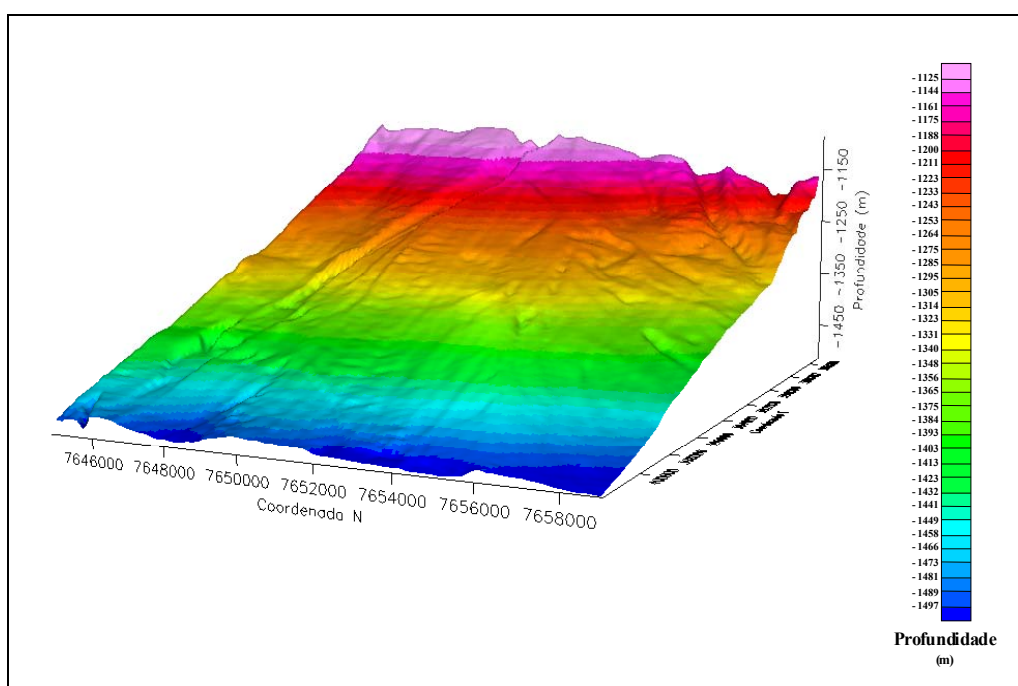


Figura 5.1.5.4-8: Vista 3D da batimetria na área de Jubarte, na qual o relevo e as cores referem-se à batimetria.

Ainda segundo E&P-SSE/SC-ESUB/GM/PETROBRÁS (op. cit.) a área, em termos de gradiente, é caracterizada por suave mergulho do talude na direção E, com declividade entre 0 e 3 graus em sua maior parte. Os maiores valores de gradiente estão relacionados aos flancos dos canais observados na batimetria. O Mapa de Gradiente (Figura 5.1.5.4-3) confirma o descrito acima, com canais bem delineados por faixas de alto gradiente que cortam o talude em direção ao Sopé Continental (Figura 5.1.5.4-9).

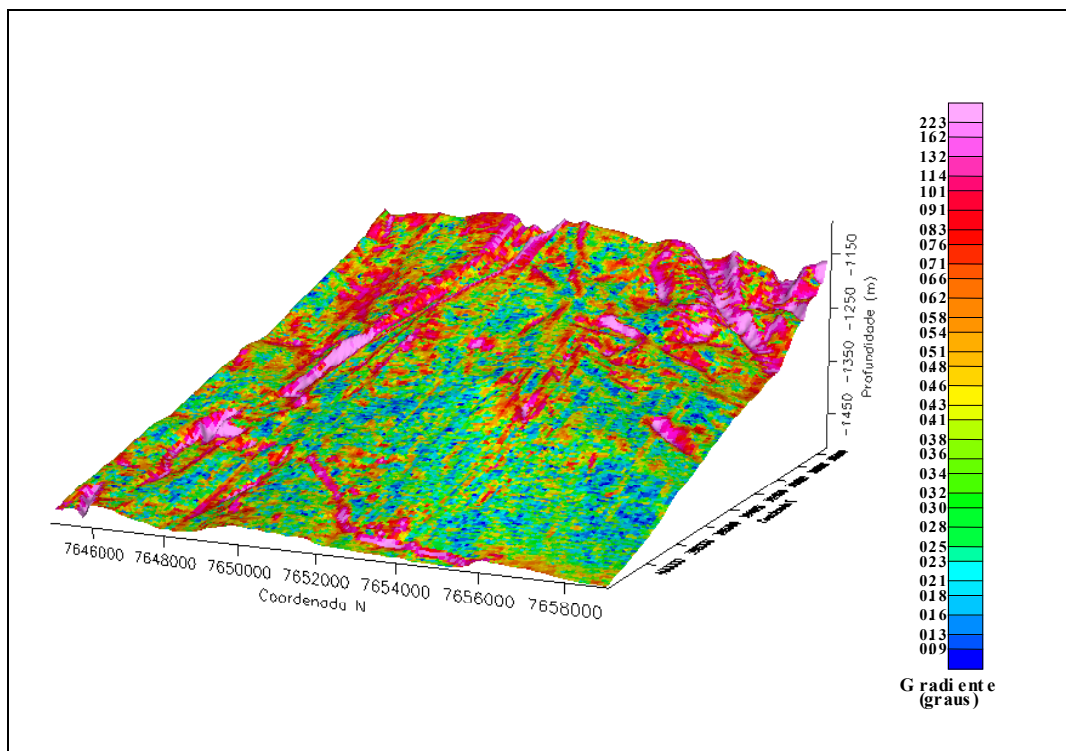


Figura 5.1.5.4-9: Vista da batimetria da área de BC-60 em 3 d, na qual o relevo reflete a batimetria e as cores referem-se ao gradiente de inclinação.

5.1.5.5 Cobertura Sedimentar e Faciologia

As Margens Continentais e Zonas Costeiras são caracterizadas por uma cobertura sedimentar intimamente ligada às variações do nível do mar. Devem ser destacadas aqui, por sua contribuição na sedimentação a regressão Pleistocênica e posterior transgressão Holocênica (Figura 5.1.5.5-1).

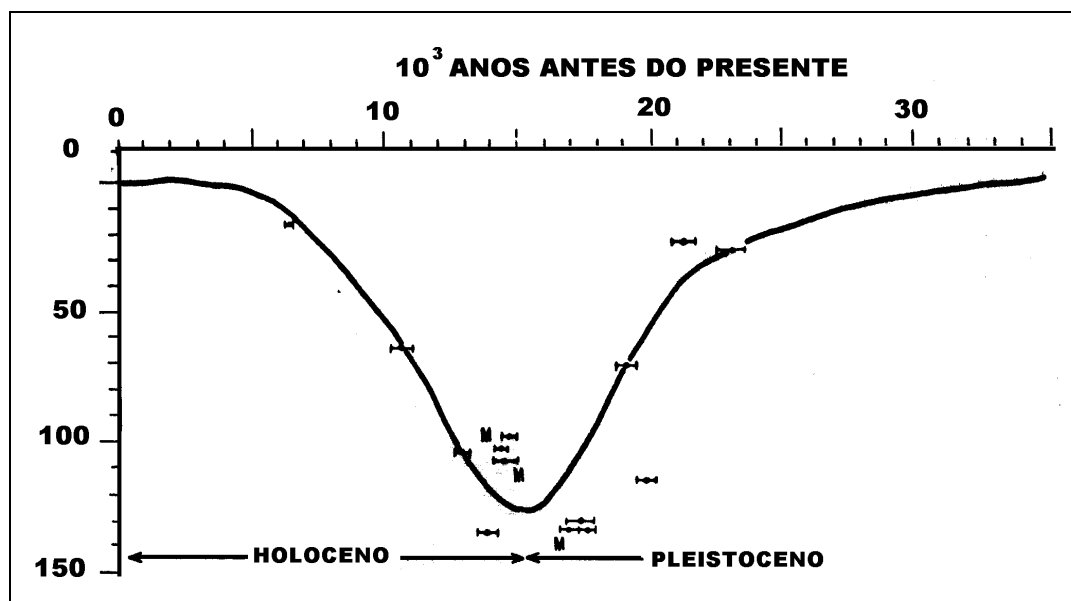


Figura 5.1.5.5-1: Esquema da curva de variação do nível do mar de Milliman e Emery, efetuando-se a plotagem das datações conseguidas pelo método C^{14} . (alterada de Kousmann e Costa, 1979a).

O nível do mar, durante o Pleistoceno, como pode ser notado na figura acima, esteve mais de 100m abaixo do nível atual, gerando: avanço da linha de costa em direção à quebra da plataforma; aumento do aporte sedimentar (taxa de sedimentação) no talude e alteração no padrão de circulação (Kousmann e Costa, op. cit). Este novo contexto possibilitou a chegada de sedimentos terrígenos arenosos numa área de gradiente elevado, favorecendo a ocorrência de movimentos de massa que deslocaram estes sedimentos para a porção inferior do Talude Continental e para o Sopé Continental.

A subsequente elevação do nível do mar durante o Holoceno deslocou a linha de costa novamente, acarretando o retrabalhamento dos sedimentos continentais depositados na plataforma continental antes exposta. A deposição de sedimentos terrígenos ficou restrita aos Estuários e Plataforma Continental Interna devido ao afogamento das fontes deste sedimento.

A cobertura sedimentar da Margem Continental na área da Bacia de Campos tem como base o Mapa Faciológico dos Sedimentos Superficiais da Plataforma; e Sedimentação Quaternária no Oceano Profundo (Kousmann e Costa, 1979b), gerado pelo Projeto REMAC (Figura 5.1.5.5-2), visto que, ainda hoje, é o trabalho que trata a Margem continental como um todo, embora estejam em fase final de elaboração, por parte das entidades participantes do Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM), e por isso não disponíveis, ainda, as Cartas Sedimentológicas da Margem Continental Brasileira.

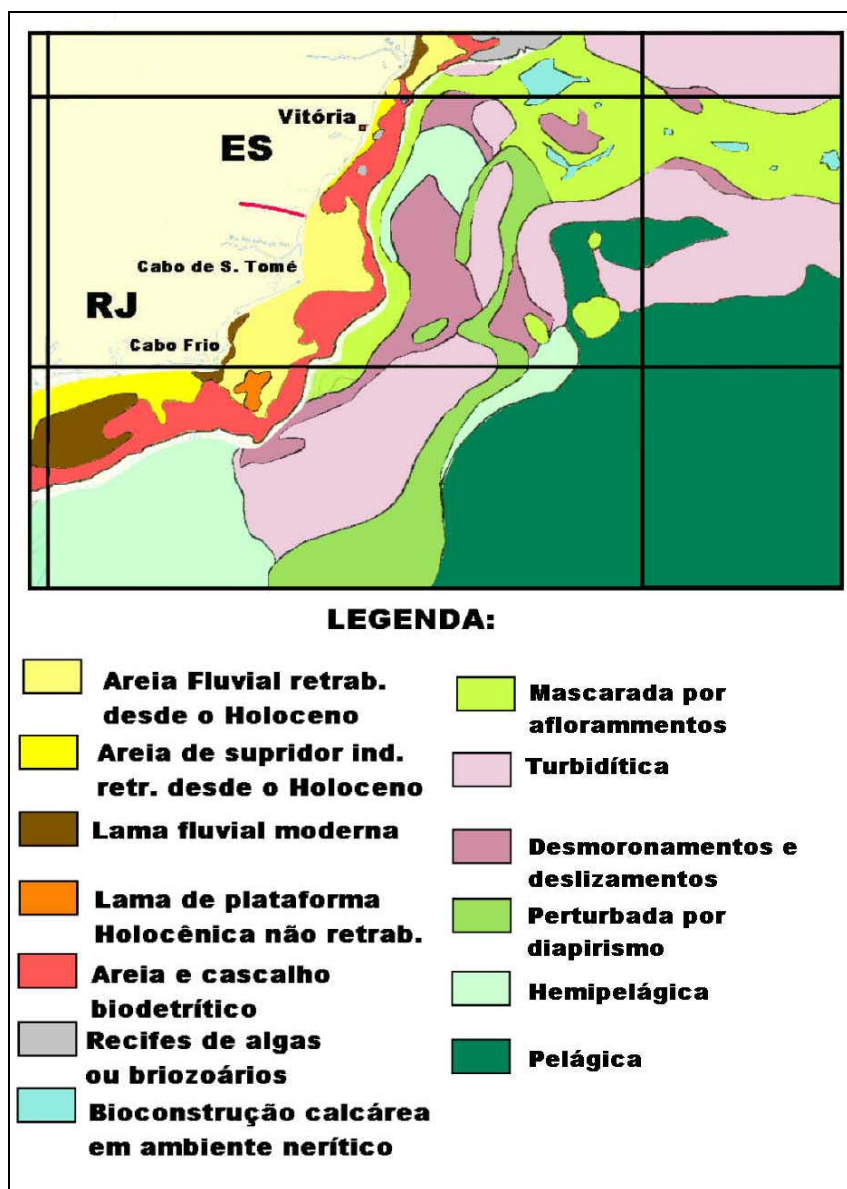


Figura 5.1.5.5-2: Mapa Faciológico dos Sedimentos Superficiais da Plataforma; e Sedimentação Quaternária no Oceano Profundo (alterado de Kousmann e Costa, 1979b), trecho onde temos a Bacia de Campos (Cabo Frio-RJ a Rio Doce-ES).

Conforme a descrição de Kousmann e Costa (1979a), tem-se na Plataforma interna e média a predominância de areias terrígenas trabalhadas desde o Holoceno, ocorrendo, ao largo de Cabo Frio (RJ) a presença de lama fluvial holocênica não retrabalhada e areias fluviais retrabalhadas desde o holoceno, respectivamente na plataforma interna e média, além de uma pequena fácies de lama de plataforma isolada.

A ocorrência de minerais pesados e areias angulosas é mais freqüente ao norte do Cabo Frio.

Nas proximidades da desembocadura do Rio Paraíba do Sul, ainda em sua região deltaica, predominam as areias fluviais, sendo estas, provavelmente, relacionadas à paleodrenagem do rio (Kousmann e Costa, op. cit.).

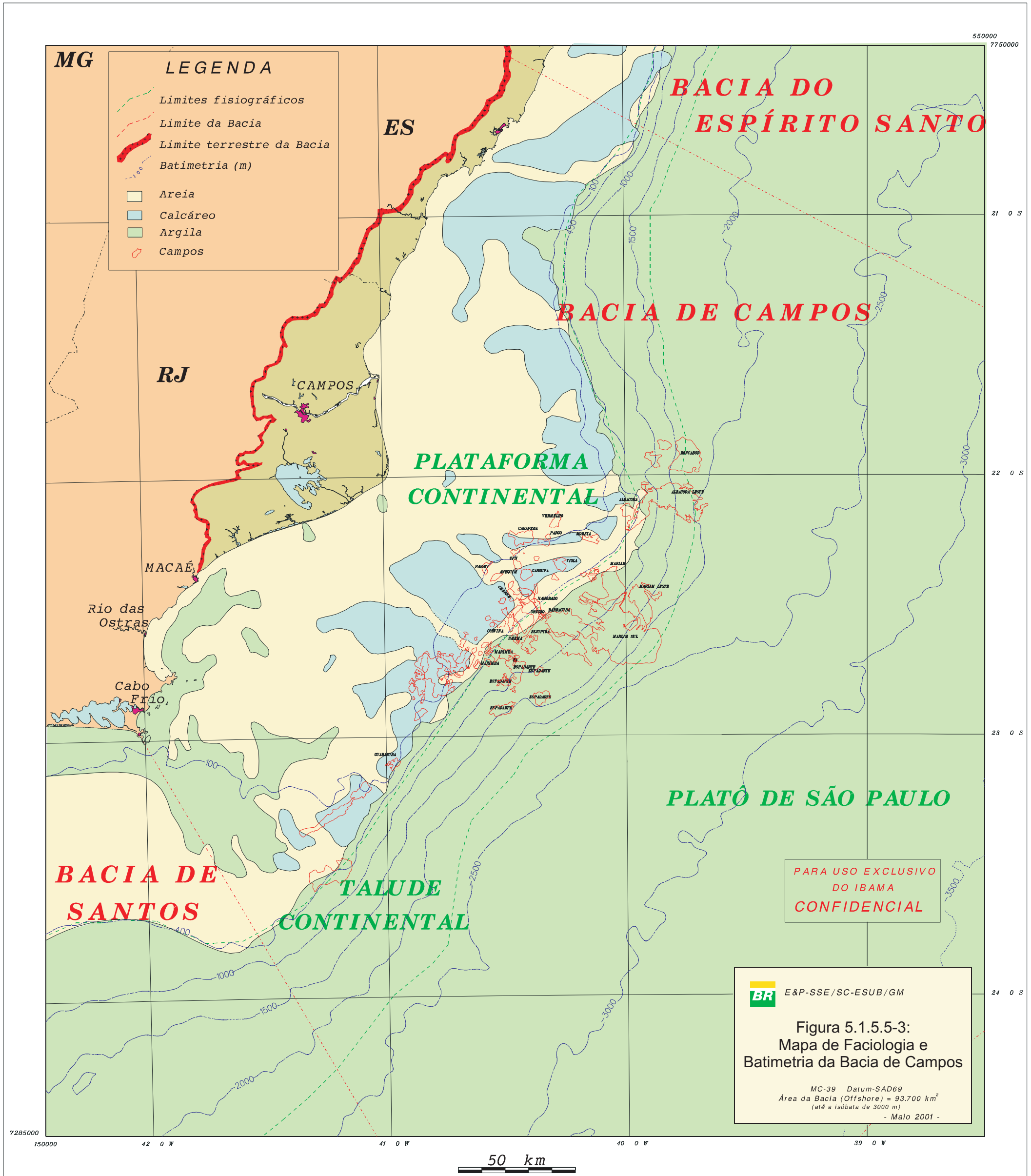
A Plataforma externa, entre Cabo Frio e Vitória, apresenta sedimentos carbonáticos retrabalhados desde o Holoceno, com teores de CaCO_3 superiores a 95% (Rocha e outros, 1975, apud Kousmann e Costa, 1979a), com predominância de areias de recifes algais. A Plataforma média desta região apresenta, em alguns locais, uma transição para areias terrígenas, ocorrendo moluscos e mistura destes com areias de briozoários.

O Mapa Fisiográfico/Faciológico da Bacia de Campos (Figura 5.1.5.5-3), confeccionado e fornecido pela Gerência de Geologia Marinha (GEOMAR) da PETROBRÁS/Macaé (GEOMAR/PETROBRÁS, 2000A), confirma as informações descritas acima, com a localização de uma fácies lamosa à altura de Cabo Frio (RJ), predomínio de areia na Plataforma Interna e Média e de carbonatos na Plataforma Externa. Avançando sobre o talude superior, em 03 regiões (limite sul da bacia, próximo ao limite norte da bacia e na área em frente ao Cabo de São Tomé), temos a “areia lamosa de spillover” (GEXP/GEINT/PETROBRÁS, 2000C).

Com relação à sedimentação em mar profundo, o Mapa Faciológico de Kousmann e Costa (1979b) baseia-se em dados de eco-caráter de perfilagem 3,5Khz, refletindo portanto processos e não litologias. Devido à baixa resolução do sistema de perfilagem e da pouca espessura da sedimentação Holocênica, os ecos, por consequência, os processos, refletem condições pré-Holocênicas, quando as condições gerais eram de mar baixo e sedimentação terrígena alta no talude. Neste mapa são indicadas:

- sedimentação turbidítica em profundidades que variam de 2000 e 3000m entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de São Tomé (RJ);
- sedimentação hemipelágica de vasas calcáreas e terrígenos finos entre Vitória e Guarapari;
- perturbação por diapirismo abaixo de 2500m, com esta faixa se alargando entre Macaé (RJ) e Cabo Frio (RJ);
- desmoronamentos e deslizamentos entre Cabo Frio e Guarapari, com alargamento da faixa de ocorrência entre Macaé e Guarapari.

Há, ainda, uma faixa classificada por Kousmann e Costa (1979b) como “mascarada por afloramentos”, com localização entre Macaé (RJ) e Vitória (ES). Esta mesma faixa é descrita por Esteves (1997), tendo como base dados geológicos, geofísicos e geotécnicos, como sendo uma “província com pré-adensamento dos sedimentos devido a remoção que se processa nesta província, ocorrendo, inclusive, o afloramento do intervalo superior e dos refletores do intervalo inferior plano paralelo”.



O Talude, de acordo com o observado no mapa (Figura 5.1.5.5-3, PETROBRÁS, 2000A), é coberto por lama, confirmando o descrito por Esteves (1997), quando indica a presença de vasas pelágicas de idade Holocênica em todo o Talude.

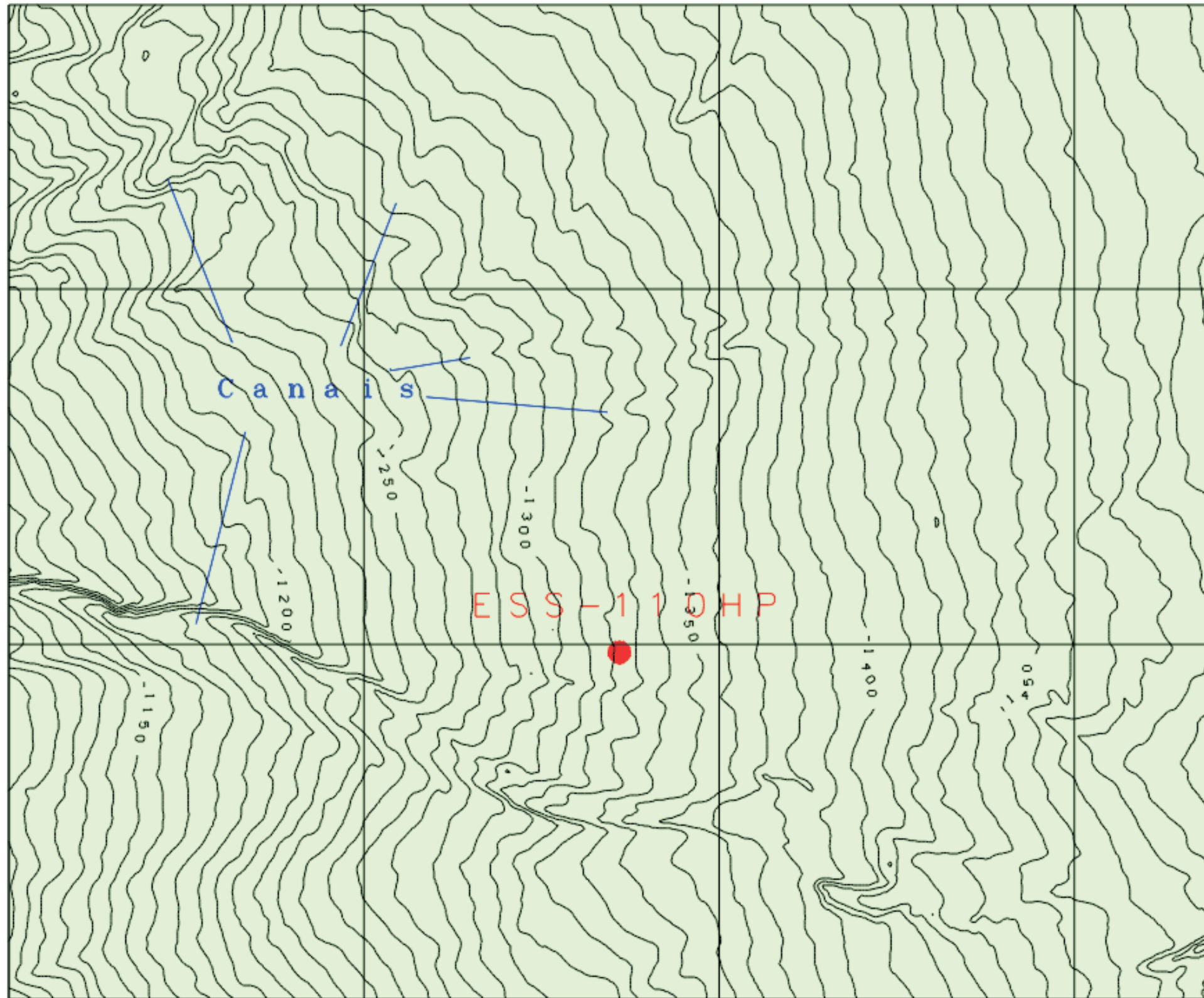
Na área de produção do campo de Jubarte, antigo bloco BC60, segundo a caracterização geológica fornecida pela E&P-SSE/SC-ESUB/GM/PETROBRÁS (2002 A), “embora não existam amostras de fundo, é possível inferir, com base nos dados sísmicos e em correlações com áreas afins, que o solo marinho é composto por sedimentos lamosos (silte+argila)”

Na figura 5.1.5.5-4 pode ser visto o Mapa Faciológico e Batimétrico da área (E&P-SSE/SC-ESUB/GM/PETROBRÁS, 2002 B).

5.1.5.6 Instabilidade do Talude


O Talude Continental é uma área onde as condições geológicas/oceanográficas são bem mais complexas, contrastando com o observado, de forma geral na Plataforma Continental. O relevo acidentado, com presença de escarpas íngremes, falhas ativas, hidratos de gás, erosão do fundo marinho e diferentes estágios de compactação dos sedimentos podem gerar instabilidade do talude.


Um estudo sobre a movimentação de massa na região de Marlim, da Bacia de Campos, foi levado a termo por Esteves (1977). Neste trabalho foram utilizados dados geológicos, geofísicos, geotécnicos, sedimentológicos e oceanográficos, gerando como produto principal um Mapa Geológico/Geotécnico (Figura 5.1.5.6-1).



7655000

LEGENDA

 Lama (Argila + silte)

 Isóbatas (Ic=10m)

972.022/02

7650000



7645000

385000 390000 395000 400000

Figura 5.1.5.5-4 : Mapa Batimétrico da Área de Jubarte

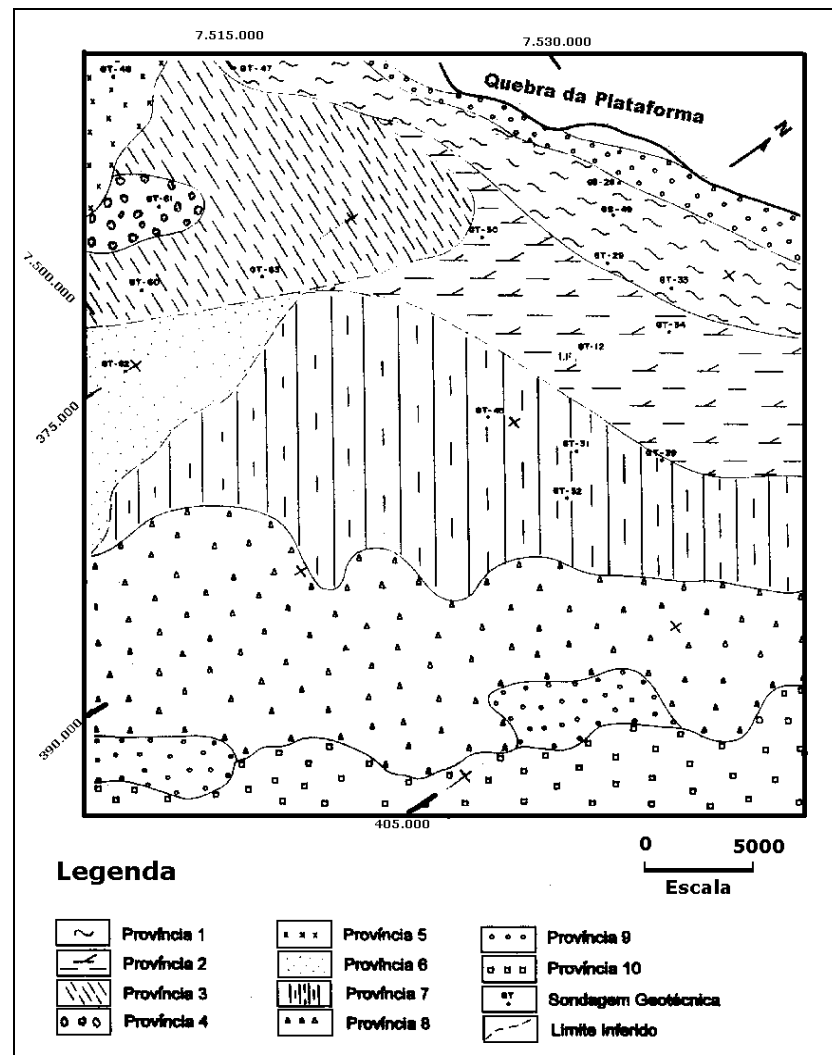


Figura 5.1.5.6-1: Mapa Geológico/Geotécnico de uma porção do talude da Bacia de Campos, mostrando 10 províncias detectadas (alterado de Esteves, 1996).

A descrição das províncias identificadas por Esteves (1997) com base nos processos geológicos que as formaram e nas características acústicas e de adensamento dos sedimentos são transcritas a seguir:

- **Província 1:** presença de um primeiro refletor que separa um intervalo inferior de sedimentos pré-adensados com padrão sísmico plano paralelo de um intervalo superficial normalmente adensado e deformado por processo de rastejamento, com remoção de 60 a 80 metros de sedimentos e posterior deposição de 40 a 55 metros de sedimentos.
- **Província 2:** depósitos de deslizamentos e fluxo de massa com padrão acústico caótico e adensamento normal sobrepostos a sedimentos pré-adensados com padrão acústico plano paralelo com remoção de até 140 metros de sedimentos e posterior deposição de 75 metros de sedimentos.

- **Província 3:** remoção superficial de 30 a 50 metros de sedimentos já deformados por movimentos de massa e posterior deposição de 15 a 20 metros de sedimentos.
- **Província 4:** sedimentos superficiais sub-adensados que podem estar associados a falhamentos observados em perfis sísmicos de reflexão.
- **Província 5:** sedimentos normalmente adensados, ausência de deformação e pré-adensamento dos sedimentos.
- **Província 6:** sedimentos normalmente adensados, presença de deformação superficial e ausência de pré-adensamento associado ao intervalo plano paralelo inferior, presença de deformação superficial e ausência de pré-adensamento associado ao intervalo plano paralelo inferior.
- **Província 7:** deformação no intervalo superior, acusticamente caótico, e ausência de informações geotécnicas do intervalo inferior, plano paralelo.
- **Província 8:** possível pré-adensamento dos sedimentos devido à remoção que se processa nesta província, ocorrendo, inclusive, o afloramento do intervalo superior e os refletores do intervalo inferior que estavam soterrados talude acima.
- **Província 9:** acentuados gradientes com declives entre 5° (1:12) e 10° (1:6).
- **Província 10:** área sujeita a deposição de blocos sedimentares deslizados de montante.

Ainda segundo Esteves (op. Cit.):

- no talude superior ocorrem escarpas íngremes, cicatrizes e gradiente elevado esculpido por movimentos de massa que geraram compressão e deformação nos sedimentos, enquanto que no talude médio ocorreu a deposição de sedimentos com padrão acústico caótico e, no talude inferior, a presença de blocos deslizados.
- nos perfis pode ser identificado um primeiro refletor sísmico, também observado nos testemunhos geotécnicos, separando sedimentos atingidos por deformações, devido aos movimentos de massa, de sedimentos plano paralelos na parte inferior.
- a porção ENE apresenta indícios de grande movimentação de massa, o que não é observado na porção WSW. Este comportamento desigual modela o fundo imprimindo distintos comportamentos geotécnicos.
- são detectadas, com base em dados de perfis de resistividade, diferenças na condição de adensamento dos sedimentos nas províncias 1 e 2. Há indício da remoção de 140 m de sedimentos e posterior redeposição, o que confirma o observado nos perfis de sísmica de alta resolução com a detecção de uma cicatriz de escorregamento no talude médio.
- a profundidades maiores que 900m não existem evidências de remoção de sedimentos, entretanto, no talude inferior o afloramento de sedimentos pré-adensados indica uma grande remoção. Em profundidades superiores a 1800 metros a topografia é suavizada pela deposição de blocos escorregados de áreas mais íngremes do talude mais acima (Província 10).

- a presença de drap Holocênico superficial, composto por vasa pelágica, em todo o talude inferior sugere que a movimentação de massa em larga escala cessou há mais de 11.000 anos.
- a migração da linha de costa, aproximando o aporte sedimentar da quebra da plataforma, bem como as alterações oceanográficas (massas d'água e circulação) foram fundamentais a movimentação de massa da região. No momento geológico atual, com o nível do mar elevado, pouco sedimento terrígeno chega ao talude, ocorrendo o retrabalhamento dos sedimentos pelas atuais correntes de fundo.

A descoberta de ocorrências de acumulações de petróleo em área de talude gerou a necessidade de estudos detalhados, por parte da PETROBRÁS, sobre a condição de estabilidade do talude. Assim sendo, Amaral et all (1994) realizaram a “Análise de Estabilidade do Talude Submarino de Marlim”, cujos resultados constam de relatório interno da PETROBRÁS que foi cedido para a elaboração deste EIA/RIMA. No projeto da PETROBRÁS foram realizadas, campanhas específicas de coleta e análise de dados geofísicos, geotécnicos, sismológicos, geológicos, ensaios de CPT e VANE, ensaios em laboratórios, estudos de argilominerais e matéria orgânica. O comportamento dos sedimentos no talude, sob diferentes condições, foi modelado matematicamente. Segundo os autores, os resultados obtidos podem ser estendidos também para os campos de Barracuda, Bijupirá e Salema, mas estão restritos a 1200 metros de profundidade. As conclusões deste relatório são transcritas abaixo:

- o momento geológico atual, de nível alto e de sedimentação no talude negligível, não apresenta risco potencial sobre as facilidades e equipamentos de produção, no que tange a estabilidade do talude.
- dados paleontológicos, sedimentológicos e geotécnicos revelam que o último grande movimento de massa, observado no talude sobre o campo de Marlim é caracterizado como não-desintegrável (identificado como Slump 5), cessou há 53.000 anos atrás, estando relacionado com um período de rebaixamento do nível de mar.
- a simulação, por diferenças finitas, das poropressões geradas por sobrecarga sedimentar e oscilações do nível do mar, nos últimos 120.000 anos, indicam que os picos de excesso de poropressão ocorrem durante fases de rebaixamento do nível do mar, sendo o maior excesso constatado há 68.000 anos atrás.
- a análise de estabilidade estática mostra que taludes com as propriedades geomecânicas e gradientes como o de Marlim são naturalmente estáveis. As dimensões do movimento de massa, suas dimensões, sua natureza não-desintegrativa (camadas dobradas) e a pequena inclinação média do talude (2 graus) constatados em Marlim, caracterizam que o processo de movimento de massa é ocasionado por rastejo (creep) e/ou por abalo sísmico. Conclui-se ainda da análise, que o fator de segurança estático é tão mais sensível ao valor da poropressão quanto menor é a inclinação do talude.
- o excesso de poropressão necessário para que se atinja a superfície de plastificação ou uma superfície crítica que detone o processo de fluência de um material é extremamente influenciado pelo estado de tensões original. As poropressões avaliadas pela simulação foram suficientes para iniciar um processo de plastificação e conseqüente relaxação dos níveis de tensões.

- a simulação das deformações advindas do rastejamento do talude, por elementos finitos e utilizando um modelo visco-elástico, indica que o processo de fluência congela num período de 10.000 a 15.000 anos. Isto é devido tanto à relaxação das tensões efetivas como ao endurecimento plástico com o tempo, embutido no modelo.
- a duração provável do último evento de movimentação de massa não-desintegrativo é de cerca de 15.000 anos, sendo compatível com a janela temporal determinada pelo modelo visco-elástico. Segundo a análise de poropressão, o processo de rastejo poderia ter sido detonado próximo há 68.000 anos e cessou há 53.000 anos.
- os deslocamentos alcançados durante a simulação visco-elástica demonstram que os mesmos são suficientes para induzir o amarrotamento das camadas, conforme observado nas seções sísmicas e nos testemunhos. As deformações alcançadas são diferenciadas ao longo do talude, sendo maiores na parte superior deste. Esta deformação diferenciada permite supor que, concomitantemente ao processo de rastejamento, tenha havido um deslizamento de parte do talude superior galgando sobre o talude médio. Em profundidade observou-se uma concentração de deformação na interface imediatamente acima do plano preferencial de deslizamento.
- a simulação visco-elástica mostrou o processo de geração e crescimento de falhas lítricas, que migram da base da camada preferencial de deslizamento até o piso marinho. Estas falhas estão associadas a trechos em que ocorrem tensões de tração. Estas tensões foram observadas nas seções sísmicas transversais ao talude de Marlim.
- a calibração da lei constitutiva de fluência através de ensaios de laboratório mostrou que a lei potencial tradicional, amplamente utilizada em simulações de creep em sal, deveria conter a tensão média octaédrica como variável de estado adicional, o que foi contemplado no modelo.
- as avaliações probabilísticas da estabilidade do talude, a partir da ação de sismos, indicam que o risco potencial de deslizamento é muito baixo dentro do período de 30 anos, vida útil das instalações de produção; respectivamente 1,55% para Albacora e 0,89% para Marlim. Essas probabilidades correspondem a um período médio de recorrência de 1.925 anos e 3.342. A aceleração horizontal máxima suportável pelo talude de Albacora é de 14% da gravidade (g) e de Marlim é de 18% de g. Considerando-se, na pior das hipóteses, que essas sejam acelerações epicentrais, elas corresponderiam a um sismo de magnitude 5,0 e 5,2 respectivamente. Estes valores de magnitude nunca foram alcançados historicamente na Bacia de Campos.
- o mais recente evento de movimento de massa ocorrido em Marlim, de caráter desintegrativo (fluxo de detritos), apesar de não ser tratado no relatório, data de 43.000 anos atrás, dentro ainda de um período de mar descendente.
- pelo exposto acima, conclui-se que o talude de Marlim não apresenta potencial de risco de movimento de massa durante o período de exploração do campo.

Em relatório emitido especificamente para a locação de Jubarte (**acrescentar a referência bibliográfica**) a Petrobrás realiza a avaliação risco geológico (*geohazard*). Para isto utilizou-se de um Sistema de Informações Geográficas da Intergraph (MGE), a fim de se facilitar a análise conjunta dos diversos fatores envolvidos no *geohazard*.

Foram introduzidos no GIS, para a realização da análise: áreas de alto gradiente; presença de areia entre 0 e 40m abaixo do fundo, intervalo onde acontecem operações de jateamento e ancoragem; presença de solo fraturado ou falhado; áreas de afloramentos no fundo marinho; e feições associadas à exsudação de hidrocarbonetos no fundo marinho.

As conclusões deste relatório são transcritas abaixo:

- O fundo/subfundo marinho da área norte do bloco BC-60, onde estão inseridos os *ring fences* dos Campos de Jubarte e Cachalote, é constituído por um lençol de lamas hemipelágicas (Seqüência 1), capeando diferentes tipos de depósitos. A lama da Seqüência 1 apresenta um perfil de adensamento normal.
- A Seqüência 1 é limitada em sua base por um forte refletor sísmico, Horizonte 1, que representa uma discordância erosiva mais antiga do que 127.000 anos (biozona W do Neopleistoceno). Este refletor representa um batente e está associado a um aumento abrupto na resistência à penetração registrado nos perfis de CPT (geotécnicos).
- Abaixo do Horizonte 1, observa-se uma espessa seqüência de depósitos de movimentos de massa (diamictitos) entremeados por depósitos arenosos e lamosos. Nesta região do talude, estes depósitos coexistiram lateralmente à época de sua deposição. Por correlação com seus análogos de outros locais da Bacia de Campos, prevê-se que os diamictitos da área são essencialmente lamosos, compostos por clastos de lama de diferentes graus de adensamento, envoltos por uma matriz amolgada também lamosa.
- A presença de batentes e/ou areias no subfundo raso, até 30m de profundidade abaixo do fundo do mar, pode dificultar, ou até mesmo impedir a penetração de âncoras. As porções nordeste, sudeste (no talvegue do canal 2) e extremo sul da área estudada representam regiões onde a Seqüência 1 possui as menores espessuras. Além disto, ocorrem depósitos arenosos na base desta seqüência nas porções NE e SE. A tabela 2 resume as características do solo nos pontos projetados para as âncoras da P-34.
- Com relação à estabilidade do talude, a área estudada não apresenta fatores de risco. Ao contrário, a presença de um espesso *drape* hemipelágico quaternário recobrendo toda a área, que inclui as biozonas Z, Y1, Y2 e X, indica a ausência de eventos de deslizamentos e remoção há pelo menos 127.000 anos. Neste aspecto o Talude Continental da área é estável.
- As declividades da área variam entre 1 e 3 graus. Declividades maiores do que 10 graus ocorrem nos flancos dos canais 1 e 2 e em um pequeno canal situado no extremo noroeste do bloco.
- Nos registros de sonar e multi-feixe, não foram observadas formações abrasivas no fundo marinho, tais como corais e lajes de algas vermelhas incrustantes. Os únicos alvos refletivos que ocorrem na área referem-se à presença de equipamentos (cabeças de poços) e a afloramentos localizados, que ocorrem nos flancos norte dos canais 1 e 2.
- Não foram observados indícios de exsudação de hidrocarbonetos no fundo marinho. Ao nível do horizonte 1, foram mapeados alguns *wipeouts* e *pockmarks* que estão associados à presença de falhas. Nas vizinhanças de algumas falhas ocorrem anomalias de amplitude em profundidade (450m abaixo do fundo) que podem estar associadas à presença de gás.

- A área encontra-se afetada por falhamentos profundos que alcançam o fundo marinho raso. A presença de falhas e fraturas pode representar zonas de fraquezas nos sedimentos. Além disto, elas são caminhos preferenciais na migração de hidrocarbonetos.

5.1.5.7 Recursos Minerais

Desde a antiguidade o mar desperta atenção por suas riquezas. A revolução tecnológica do século XX propiciou ao homem pesquisas cada vez mais sofisticadas e precisas, possibilitando, então, desvendar os segredos do mar, inclusive no quesito recursos minerais.

Mero (1965) descreve, à luz do conhecimento da época, os principais recursos encontrados nos oceanos. Seu trabalho, embora desatualizado no quantitativo dos recursos, continua válido quanto aos tipos de recursos encontrados: areia quartzosa, calcário, minerais pesados, fosfatos, argilas, nódulos polimetálicos, evaporitos, enxofre, petróleo, etc...

O conhecimento sobre o potencial de recursos minerais da Margem Continental Brasileira, excetuando-se o petróleo, é incipiente, restringindo-se basicamente à Plataforma Continental. O entendimento de forma geral e integrada remonta ao Projeto REMAC, desenvolvido nas décadas de 60 e 70. Durante este projeto, desenvolvido em cooperação entre a Marinha do Brasil e a PETROBRÁS, foi feito um mapeamento (Figura 5.1.5.7-1), com base nos dados coletados e tecnologias existentes à época. A caracterização, em termos de recursos minerais da Bacia de Campos será feita com base no Mapa de Recursos Minerais Superficiais da Plataforma Continental Brasileira (Amaral et all, 1979A).

O petróleo é o recurso mineral mais importante que ocorre na região. A Bacia de Campos, segundo Analytical Solutions (2003), possui 44 campos de petróleo (sete deles gigantes) com 10.000.000.000 m³ de óleo descoberto e 800.000.000.000 m³ de gás, o que represente 85% da reserva de óleo e 40% da reserva de gás do país.

◆ **CARBONATOS**

Os carbonatos são amplamente utilizados como matéria prima para a construção civil, a indústrias de cimento, de cal virgem, de cal hidratada, de álcalis, de sabões, de filtros, etc...

São delimitadas por Amaral et all (1979B) 2 faixas de ocorrência de carbonatos entre Vitória (ES) e Cabo Frio (RJ) cuja descrição encontra-se abaixo:

- do extremo norte do Espírito Santo até a sul de Guarapari, com percentuais acima de 95%, exceto nas extremidades da área, onde temos 75 a 95% de carbonatos. A profundidade de ocorrência varia de 5 a 10 m até 80 m, podendo atingir 200 m. Via de regra são mistura de areia e cascalho, ocorrendo a predominância de algas calcáreas, recifes de briozoários, halimeda e foraminíferos bentônicos entre os organismos que geram os depósitos.
- entre o Cabo de São Tomé e Santos, com teores entre 75 e 95% de carbonatos, ocorrendo pontualmente concentrações maiores. Os depósitos, em sua maioria, estão além dos 100 m de profundidade, mas localizadamente, com a sul do Cabo de São Tomé, podem ocorrer em

profundidades de 45 m. A granulometria é, predominantemente, arenosa, podendo ocorrer mistura de areia e cascalho e, localmente, lama.

A qualidade dos depósitos, bem como a quantidade a quantidade dos mesmos na Margem Continental Brasileira tem grande valor pela variada aplicação do recurso (Amaral et all, 1979B).

A legislação vigente proíbe a pesquisa e exploração em profundidades inferiores a 20 m, buscando evitar a alteração da linha de costa e ameaça a espécies que sobrevivem neste substrato.

Na Bahia e Espírito Santo ocorrem lavras deste recurso.

◆ **ARGILA E AREIA**

As argilas marinhas, por suas características de riqueza em matéria orgânica e de baixos teores de CaCO_3 são de grande interesse na indústria de cerâmica. Na figura 5.1.5.7-1 notamos 2 ocorrências com teores acima de 75% de lama, localizando-se estas ocorrências próximo à desembocadura do rio Paraíba do Sul e a SE de Cabo Frio. A lama encontrada no talude, vide Figura 5.1.5.5-3 (GEOMAR/PETROBRÁS, 2000A), requer mais estudos para verificação de seu potencial.

Areia e cascalho são importantes em obras de construção civil, aterros hidráulicos, fabricação de vidro, etc... O problema da utilização de areia e cascalho marinho na construção civil é o teor de sal, problema este facilmente resolvido através de lavagem com água doce. Os depósitos economicamente interessantes são os de areia grossa a média, com teor de lama inferior a 25% e razão feldspato/(quartzo+feldspato) entre 0,05, classificadas como ortoquartzíticas, e 0,1, classificadas como sub-ortoquartzíticas. Na região deste estudo, Bacia de Campos, segundo Amaral et all (1979B), temos uma larga faixa arenosa quartzofeldspática, que engloba 2 ocorrências sub-ortoquartzíticas na plataforma interna, uma em frente ao Cabo de São Tomé e a outra entre a Lagoa Feia e Macaé.

◆ **MINERAIS PESADOS E GEMAS**

Aqui enquadram-se como recursos minerais o ouro metálico, platina, cassiterita, ilmenita, rutilo, zirconita, monazita e diamante. Por sua resistência química e mecânica tendem a se concentrar em ambientes litorâneos de grande energia (Palma, 1979) e próximo à área fonte. Os principais locais para prospecção no ambiente marinho são as paleolinhas de costa e antigos canais fluviais afogados pela subida do nível do mar (Palma, op. cit.).

Depósitos de monazita são observados entre a foz do rio Doce (ES) e Itabapoana (RJ), com reservas estimadas de 1465479 t de ilmenita, monazita, zirconita e rutilo (Barreto e Porto, 1972 apud Palma, 1979).

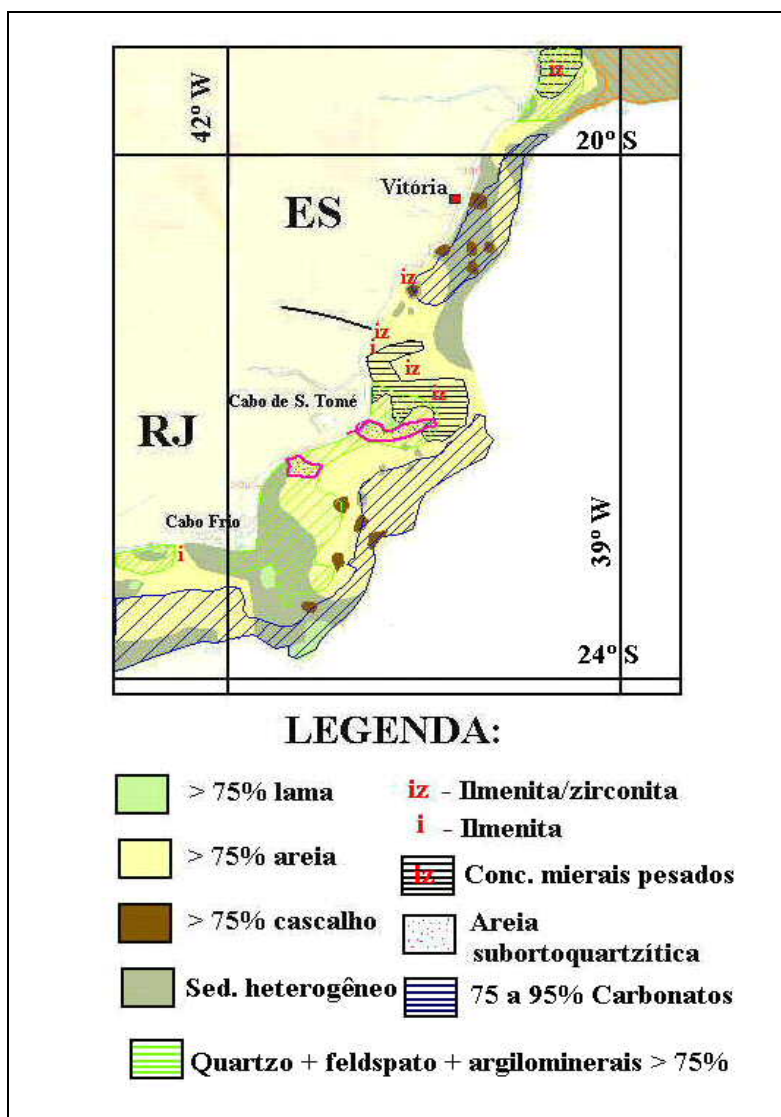


Figura 5.1.5.7-1: Mapa de Recursos Minerais da Plataforma Continental Leste do Brasil (alterado de Amaral et al, 1979A).

◆ EVAPORITOS E ENXOFRE

Esses depósitos são formados em ambientes salinos de elevada evaporação e circulação restrita, o que leva ao aumento da concentração dos sais dissolvidos na água, reduzindo sua solubilidade e ocasionando a precipitação. Esta precipitação segue uma seqüência de deposição determinada pelo coeficiente de solubilidade:

- CaCO_3 - camada de calcário
- CaSO_4 - camada anidrita
- NaCl + pouco CaSO_4 - camada de halita
- $\text{K}^2\text{SO}_4.\text{MgSO}_4.2\text{CaSO}_4.2\text{H}_2\text{O}$ - camada de polihalita
- KCl + $\text{KCl.MgCl}_2.6\text{HO}$ - camada de silvita e carnalita

Ambientes com as características para a deposição de sal ocorrem atualmente, sendo utilizados na extração de NaCl (sal de cozinha). Essas salmouras são encontradas na Região dos Lagos (RJ).

O cloreto de sódio (NaCl), embora seja amplamente utilizado, não é o sal mais importante economicamente dentre os da seqüência de deposição mostrada acima, e sim os sais de potássio (K) e magnésio (Mg), mais solúveis, logo os últimos a se depositarem e mais raros nos depósitos.

A ocorrência e exploração dos evaporitos está relacionada à presença de camadas de sal em bacias sedimentares, gerando os chamados diápiros de sal devido à halocinese. Desta forma, a Bacia de Campos, onde temos uma Província de Domos (Dias, 1991), apresenta um bom potencial para a exploração de evaporitos, embora não seja, ainda viável economicamente.

O enxofre, por sua vez, ocorre associado aos domos salinos, formando a rocha capeadora observada na extremidade superior do domo.